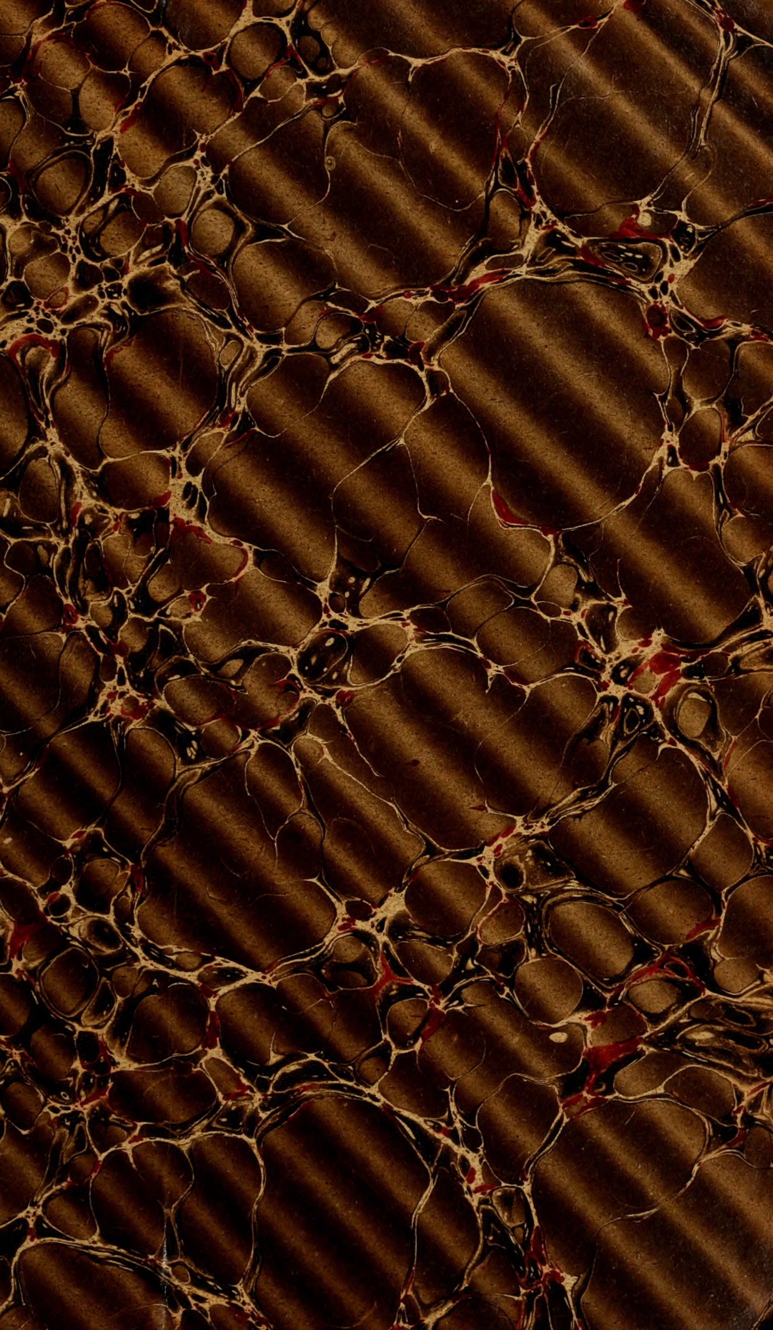
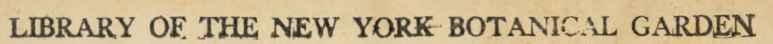








ANNALES

DE LA

SCIENCE AGRONOMIQUE

FRANÇAISE ET ÉTRANGÈRE

Comité de rédaction des Annales.

Correspondants des Annales pour l'étranger.

NOTA. — *Tous les ouvrages adressés* franco *à la Rédaction seront annoncés dans le premier fascicule qui paraîtra après leur arrivée. Il sera, en outre, publié s'il y a lieu, une analyse des ouvrages dont la spécialité rentre dans le cadre des* Annales (*chimie, physique, géologie, minéralogie, physiologie végétale et animale, agriculture, sylviculture, technologie, etc.*).

Toutes les communications relatives à la rédaction des Annales (*manuscrits, mémoires, livres*) *doivent être adressées* franco *à M.* **L. Grandeau**, *rédacteur en chef des* Annales, *à Nancy.*

ANNALES

DE LA

SCIENCE AGRONOMIQUE

FRANÇAISE ET ÉTRANGÈRE

ORGANE

DES STATIONS AGRONOMIQUES ET DES LABORATOIRES AGRICOLES

PUBLIÉES

Sous les auspices du Ministère de l'Agriculture

PAR

LOUIS GRANDEAU

DIRECTEUR DE LA STATION AGRONOMIQUE DE L'EST
MEMBRE DU CONSEIL SUPÉRIEUR DE L'AGRICULTURE
VICE-PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ NATIONALE D'ENCOURAGEMENT A L'AGRICULTURE
DOYEN DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE NANCY
PROFESSEUR A L'ÉCOLE NATIONALE FORESTIÈRE

DEUXIÈME ANNÉE — 1885

Tome II

PARIS
BERGER-LEVRAULT ET Cie, LIBRAIRES-ÉDITEURS
5, rue des Beaux-Arts, 5
MÊME MAISON A NANCY

1886

CHIMIE APPLIQUÉE A L'AGRICULTURE

TRAVAUX ET EXPÉRIENCES

DU Dr A. VŒLCKER

CHIMISTE-CONSEIL

DIRECTEUR DU LABORATOIRE DE LA SOCIÉTÉ ROYALE D'AGRICULTURE D'ANGLETERRE

Par M. A. RONNA

VICE-PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ NATIONALE D'ENCOURAGEMENT A L'AGRICULTURE

LIVRE III. — L'ENGRAIS

Sol, amendement et engrais. — L'étude des sols fait voir qu'entre les deux extrêmes, caractérisés par les terres sablonneuses ou stériles et les terres argileuses, riches et fertiles, se rangent toutes les gradations des sols susceptibles de culture.

Bien des terres infertiles au début, à force d'amendements et d'engrais, de fourrages et de racines consommés sur place pour l'engraissement des moutons, ou de tourteaux et d'aliments consommés dans l'étable et correspondant à une augmentation de fumier, ont pu être amenées à un haut degré de production ; mais, quoiqu'elles fournissent de bonnes récoltes de froment, d'orge et de racines, on ne saurait dire que leur fertilité a été accrue d'une manière permanente ; car, si elles étaient abandonnées à elles-mêmes, elles redeviendraient stériles. Il faut donc renouveler par l'engrais l'apport des matières que les récoltes enlèvent.

Par ce motif, sur les terres légères et sablonneuses, la culture

intensive à coup d'engrais, loin d'encourir le reproche d'être spoliatrice, tend à restituer au sol beaucoup plus de matières minérales coûteuses que n'en prélèvent les récoltes.

Au contraire, dans les terres argileuses, profondes et riches, qui renferment une provision, pour ainsi dire inépuisable, de potasse, d'acide phosphorique, de magnésie, de silice, etc., la quantité de substances minérales dont elles sont privées par une série de récoltes épuisantes, est absolument insignifiante, par rapport à la masse que représente la couche arable, de 30 à 45 centimètres d'épaisseur. Mais pour ces terres, comme pour toutes autres, la fertilité ne dépend pas autant de la quantité de nourriture minérale tenue à la disposition de la plante, que de l'état d'assimilabilité où elle se trouve dans la couche arable.

Dans un sol stérile, les procédés de culture mécanique qui ont une action puissante sur la meilleure préparation des matières assimilables, n'ont de valeur que s'il a été préalablement amendé sous le rapport physique par la restitution de l'élément ou des éléments qui, par défaut ou par inaction, le frappent de stérilité.

Que dans une terre sablonneuse ingrate, la chaux, si essentielle pour la culture de tous les produits agricoles, vienne à manquer, il faudra, avant tout, la lui apporter sous forme de marne, de chaux vive, de plâtre, de sables coquilliers, de poudre d'os ou de phosphates naturels pulvérisés.

Qu'un sol argileux, compact, adhésif, soit stérile parce que les éléments fertilisants y sont inactifs, et l'on devra, en premier lieu, outre un drainage profond, l'écroûter pour brûler l'argile de la couche arable, sinon l'écobuer, et seulement alors, le traiter mécaniquement dans le but de l'ameublir.

Les amendements, par l'apport de la chaux, de la marne, du plâtre, de l'argile brûlée, etc., destinés à l'amélioration des terres dans lesquelles ces éléments ne sont pas suffisamment représentés ou demeurent inertes, ont ainsi un rôle distinct de celui des engrais employés pour modifier chimiquement les matières minérales ou pour mettre des substances nutritives à la disposition de la plante; non pas que les amendements n'exercent aussi, comme on le verra, une action chimique des plus efficaces et d'une durée relativement plus

longue, mais ils transforment surtout physiquement les caractères des terres dans lesquelles ils ont été jugés indispensables.

Là où l'acide phosphorique, la potasse, la chaux, la magnésie, font défaut, dans les terres légères et sablonneuses, par exemple, l'emploi des engrais ammoniacaux doit être évité ; tandis que là où il y a abondance de ces matières minérales, il y a grand avantage à y recourir. C'est qu'en effet les engrais ammoniacaux augmentent la solubilité des substances minérales et favorisent leur diffusion dans le sol ; cependant, ils demeurent sans effet sur certaines récoltes, telles que le trèfle et les fèves.

Les expériences de MM. Lawes et Gilbert ont démontré péremptoirement que, dans un sol ordinaire, les parcelles fumées d'une manière continue à l'aide de matières minérales, accusent une légère augmentation de rendement pour le froment ; que dans les parcelles où l'engrais minéral seul a été appliqué tous les deux ans, le rendement n'a pas été notablement augmenté ; tandis que dans les parcelles où l'on a appliqué alternativement, une année, des sels ammoniacaux, et l'année suivante, l'engrais minéral ; de même que dans celles que l'on a fumées tous les ans avec des sels ammoniacaux, le rendement de la récolte de froment a été considérablement accru [1].

Au point de vue de l'importance relative des divers engrais, il est donc certain que l'engrais ammoniacal et les nitrates sont des matières très utiles, dont le cultivateur peut tirer un excellent parti, mais dont il peut également abuser. Comme l'atmosphère et l'eau pluviale renferment invariablement de l'ammoniaque et de l'acide nitrique, et comme toutes les terres arables cultivées contiennent des matières organiques azotées qui, en se décomposant graduellement, fournissent de l'ammoniaque ou de l'acide nitrique, ou les deux à la fois, l'application au sol de nitrates ou de sels ammoniacaux n'a pas cette importance capitale qu'offre la restitution de matières minérales aux sols qui en manquent. La chaux, la magnésie, la silice, l'acide sulfurique, le chlorure de sodium et même la potasse, quand ils ne se trouvent pas en quantité suffisante dans les sols,

1. *Rothamsted. — Trente années d'expériences agricoles de MM. Lawes et Gilbert*, par A. Ronna. 1877, et *Production agricole de la France*, par L. Grandeau. 1884.

peuvent être rapportés et incorporés comme amendements sous la forme de marne, d'argile brûlée, de plâtre, ou bien sous la forme d'engrais spéciaux et de fumier, provenant d'aliments concentrés donnés au bétail. Quoi qu'il en soit, toutes ces matières ont bien moins de valeur que l'acide phosphorique, qui est parcimonieusement disséminé dans le sol, et que les plantes exigent à forte dose. Aussi, l'enlèvement de l'acide phosphorique du sol amène-t-il plus rapidement son épuisement partiel, surtout si le sol est maigre, que l'enlèvement de toute autre substance constitutive des cendres[1].

Humus. — Ces considérations sur les amendements et les engrais ont besoin d'être complétées par celles relatives au rôle de l'humus, qui est avant tout une excellente matière d'absorption de l'humidité et, pour ce motif, un des principes utiles, spécialement dans les terres sablonneuses ou naturellement sèches. Vœlcker donne, pour justifier à ce point de vue le rôle de l'humus, l'analyse de deux sols du comté de Buckingham, conservés dans un endroit sec, à l'état pulvérulent, jusqu'à ce qu'ils aient cessé de perdre ou de gagner en poids. Le premier de ces sols (n° 1) était cultivé en froment ; le second (n° 2) en prairie permanente :

Composition de deux sols du comté de Buckingham.

	TERRE	
	en froment. 1.	en pâturage. 2.
Eau	4.70	22.35
Matière organique et eau combinée	5.98	22.01
Oxydes de fer et alumine	10.51	16.02
Carbonate de chaux	1.32	0.95
— de magnésie	0.85	0.43
Acides phosphorique et sulfurique	Traces.	Traces.
Alcalis, chlore et perte	0.47	0.56
Matière siliceuse insoluble (sable, etc.)	76.17	37.68
	100.00	100.00

Le sol à blé n° 1, renfermant environ 6 p. 100 de matières organiques qui constituent l'humus, ne retenait, dans l'air modérément sec, que 5 p. 100 d'eau, dont on pouvait seulement le débarrasser à la

1. *The Chemical properties and productive powers of soils; a lecture;* 8 mai 1863.

température de l'eau bouillante. Au contraire, le sol en pâturage, nº 2, renfermant 22 p. 100 d'humus ou de matières organiques, retenait, dans les mêmes conditions que le précédent, 22 p. 100 d'eau.

L'humus ne retient pas seulement l'humidité, mais l'ammoniaque contenue dans l'atmosphère, et cela, en vertu de sa porosité comme de l'affinité que les acides humique et ulmique ont pour l'ammoniaque.

Du reste, comme les matières organiques du sol qui renferment de l'azote donnent lieu par leur décomposition à de l'ammoniaque, les mêmes acides de l'humus formés simultanément, la fixent aussitôt.

Les matières organiques ne se décomposent qu'au contact de l'air atmosphérique, dont l'oxygène les convertit graduellement en humus brun et noir. Cet humus comprend diverses combinaisons organiques, dont le caractère est l'avidité pour l'oxygène qui les résout finalement en acide carbonique et les matières organiques devenant ainsi une source continue d'acide carbonique dans le sol, livrent à la plante l'aliment organique dont elle a surtout besoin au début de la végétation, avant que les feuilles soient formées et puisent elles-mêmes directement l'acide carbonique dans l'atmosphère.

L'oxydation lente à laquelle sont soumises toutes les matières organiques au contact de l'air, •développe de la chaleur dont la plante tire également profit. De même, en raison de la couleur sombre que l'humus donne aux sols riches en matières organiques, la chaleur solaire agit plus vivement sur eux.

Comme enfin les débris des végétaux renferment, outre des éléments combustibles, des substances minérales intimement associées et que l'eau ne pourrait pas dissoudre dans les végétaux à l'état frais, ces substances, par la décomposition même des parties organiques, sont rendues solubles dans l'humus et profitent à la plante.

L'humus est donc, dans la plupart des sols, une condition désirable de fertilité. Les *loams* à froment, les terres noires dont la fertilité est connue, les terreaux de jardins, riches en matières organiques, justifient cette condition ; mais il n'en est pas moins vrai que des terres tourbeuses, des terres en pâturage permanent, chargées de matières organiques, sont parfaitement stériles, tandis que d'autres renfermant à peine d'humus, comme les argiles, sont des plus productives.

« Il était réservé à Liebig de faire admettre d'une manière

« générale, ce fait, que les matières minérales qui entrent dans la « composition des plantes ne sont pas accidentelles, mais des élé- « ments essentiels sans lesquels les plantes ne peuvent pas vivre, et « de démontrer d'une manière claire et convaincante la nécessité de « leur présence dans le sol. Si Liebig n'avait rien fait de plus pour « l'agriculture que de donner le coup de grâce, par ses écrits et « ses arguments irrésistibles, à la théorie de l'humus, elle lui « devrait une grande reconnaissance, car tant que cette théorie « trouva faveur auprès des praticiens, l'importance des matières « minérales, si nécessaires pour toute sorte de produits agricoles, « fut dédaignée. Ce n'est pas exagérer assurément que d'assigner « aux écrits de Liebig l'impulsion toute nouvelle qu'ont reçue « les recherches agricoles, et de lui faire un mérite de la création « d'une nouvelle branche d'industrie, celle des engrais commer- « ciaux. Quoiqu'il n'ait point réussi dans son premier essai de « confection d'engrais minéraux, Liebig a ouvert la voie à leur « fabrication et à leur application sur une grande échelle.

« Liebig a pu échouer dans la pratique, mais le principe qu'il a « posé est resté vrai, et il n'y a point à s'étonner qu'un principe « se trouvant mal appliqué, ait pu donner lieu à des erreurs pra- « tiques. S'il est indispensable, dans un sol tout à fait sablonneux « qui ne contient presque que du sable, d'employer un engrais formé « de tous les éléments minéraux contenus dans les cendres de la « récolte que l'on a en vue, et si le résultat pratique répond entiè- « rement au principe, il n'en est pas de même dans un sol argileux « ou tout autre sol, pourvu en quantité pour ainsi dire inépui- « sable, des matières minérales formant les cendres des plantes, « et pour lequel l'addition d'engrais purement minéraux conduit à « un échec complet[1]. »

Ce qui est avéré, comme Liebig l'a établi, c'est que le sol doit renfermer toutes les substances minérales essentielles; autrement, les plantes ne vivent pas; tandis que les substances organiques, si elles manquent dans le sol ou dans l'engrais, peuvent être, dans des circonstances favorables, empruntées à l'atmosphère.

---

1. *On paring and burning;* décembre 1867.

Classification des engrais. — Dans le présent livre consacré aux engrais parmi lesquels nous avons rangé les amendements, nous nous sommes départi, pour l'examen des recherches si nombreuses effectuées par Vœlcker, du classement habituel en engrais *naturels* et en engrais *artificiels*.

La première division eût compris le fumier, l'engrais liquide, les composts préparés avec les matières excrémentielles et les détritus provenant de la ferme ; la seconde eût embrassé le guano, la poudre d'os, le nitrate de soude, le sulfate d'ammoniaque, les vidanges, les déchets et résidus d'abattoirs et de fabriques diverses ; de même que le superphosphate de chaux, le sang, les mélanges salins, employés en grand par les fabricants pour la confection d'engrais spéciaux destinés au froment, à l'orge, à la pomme de terre, au chanvre, etc. Cette classification aurait eu le tort d'introduire dans la division des engrais artificiels, des matières telles que le guano, les os, le sang, le nitrate de soude, etc., qui constituent des engrais bien plus naturels que le fumier de ferme, auquel le cultivateur doit donner des soins intelligents pour en tirer l'effet le plus utile. Il y aurait le même inconvénient à n'admettre comme engrais artificiels que les mélanges salins, ou ceux qui font l'objet de manipulations chimiques.

Vœlcker pense que toute confusion peut être évitée en faisant des engrais deux classes : la première, comprenant les engrais de la ferme (*home-made*), préparés à l'aide des matières que le cultivateur est à même de se procurer dans son exploitation ; la seconde, les engrais importés, provenant de sources étrangères à celles de la ferme[1] ; et en réservant le qualificatif *artificiel* pour tous les produits fertilisants, simples ou composés, qui exigent une manipulation industrielle.

Nous avons préféré adopter le classement suivant :

1. — Amendements et écobuage.
2. — Engrais organiques.
3. — Engrais inorganiques, salins et phosphatés.
4. — Engrais industriels.

---

1. *Manure artificial ; Ure's dictionary of arts, manufactures and mines,* edited by R. Hunt. London, 1863.

I. — Amendements et écobuage.

1. — Argile brûlée.

Une des améliorations qui se recommandent d'ancienne date par leur plein succès dans les terres argileuses tenaces, en dehors du drainage, consiste à brûler la couche arable, dans le double but de modifier son état physique et de développer ses propriétés fertilisantes.

Le brûlis de l'argile appliqué aux terres glaiseuses, adhésives, des comtés de Suffolk, d'Essex, de Gloucester, et des districts situés sur l'argile d'Oxford, n'a pas cessé de fournir les meilleurs résultats. Les avantages de ce procédé, qui s'est répandu également sur le continent, ont été constatés dans maints mémoires des agriculteurs les plus compétents, sans qu'ils aient donné des causes de la modification durable, introduite par l'argile à cet état, une explication rationnelle. Toutefois, après les expériences de Cartwright, de Curwen, de Boyd, de Cray, de Somerville, le général Beatson, par la publication en 1821 d'un livre sur un « nouveau système de culture sans engrais, sans chaux et sans jachère », dans lequel il préconise le brûlis des terres fortes comme étant le meilleur moyen de les améliorer, appela l'attention des agronomes sur la recherche des causes auxquelles sont dus les effets favorables de l'argile brûlée.

Lampadius poursuivit des essais de culture de 1826 à 1836, aux environs de Freiberg, avec un soin et une méthode des plus louables, pour arriver à cette conclusion que l'argile brûlée fournit aux végétaux des humates d'alumine et de silice; et que l'ammoniaque, favorable à la végétation, se forme dans l'argile brûlée sous l'influence de l'air humide.

Le professeur Kersten, par ses essais analytiques, fut conduit à penser que les matières solubles augmentant dans l'argile brûlée, l'ammoniaque qui se forme dans cette argile, soumise pendant un certain temps à l'action de l'atmosphère, est la cause principale de ses effets fertilisants.

Le docteur Sprengel s'attacha à la conclusion, admise du reste par Liebig, que l'ammoniaque formée par les éléments de l'eau et de l'air atmosphériques, en présence du protoxyde de fer qui se trouve dans l'argile brûlée, explique l'action de cette dernière. Plus une argile contient de protoxyde de fer après avoir été brûlée, plus la quantité d'ammoniaque augmente, et plus son effet est marqué sur le développement de la végétation. Si le protoxyde s'est converti en péroxyde, il ne se forme plus d'ammoniaque et la vertu de l'argile brûlée cesse de s'exercer.

C'est le professeur Zierl qui, le premier, sans avoir fait aucune expérience à l'appui, indiqua que les éléments accessoires constituant l'argile, tels que la potasse, la soude, la chaux et la magnésie, étant rendus plus solubles par la combustion, il y a lieu de leur attribuer les résultats favorables obtenus par l'emploi de l'argile brûlée. Le professeur Johnston, constatant à son tour que les effets physiques ou mécaniques de l'argile brûlée ne suffisent pas pour expliquer son action utile, a confirmé la plus grande importance des effets chimiques, qui sont tels que « les éléments de l'argile sont rendus solubles à un plus haut degré dans l'eau et les acides, après qu'elle a été brûlée » ; mais, lorsque la température a été trop élevée, de nouveaux changements se produisent qui diminuent la solubilité de ces éléments.

Vœlcker, dans son étude de la question sur laquelle les avis qu'il rapporte sont ainsi partagés, établit d'abord que les argiles des sols arables sont toujours des mélanges de silicate d'alumine, ou d'argile pure, avec plus ou moins de sable, des fragments non décomposés de feldspath et d'autres minéraux, de la chaux, de la magnésie, de l'alumine libre, de l'oxyde de fer, du silicate soluble de potasse et de soude, des traces d'acide phosphorique, de chlore et d'acide sulfurique; que l'état de combinaison de ces divers éléments varie suivant les argiles; et il donne à ce sujet l'analyse de trois argiles de Dumbelton, dans le comté de Gloucester (voir tableau LXXXVI).

TABLEAU LXXXVI. — Composition des argiles de Dumbelton (Gloucester).

	1.	2.	3.
Eau de combinaison et matière organique	7.69	6.62	6.68
Oxydes de fer	8.24	7.33	8.63
Alumine soluble dans les acides	8.04	10.62	9.25
— à l'état de silicate	10.04	7.06	9.66
Chaux à l'état de carbonate	1.12	0.70	0.19
— — de silicate insoluble	0.44	0.54	0.24
Magnésie soluble dans les acides	0.62	0.12	0.56
— à l'état de silicate insoluble	0.34	0.39	0.34
Potasse et soude solubles dans les acides	0.73	1.04	1.13
— — à l'état de silicate insoluble	0.94	2.70	1.82
Silice soluble dans les acides	0.09	0.06	0.08
— insoluble dans les acides	61.71	61.82	61.42
	100.00	100.00	100.00

Comme l'alumine et le silicate d'alumine ne se trouvent pas dans les cendres des plantes cultivées, on ne peut pas dire que cet élément principal des argiles concourt à la nutrition directe des plantes ; il y a donc lieu de chercher, parmi les substances accessoires, celles qui jouent le rôle d'aliments. La chaux, la magnésie, les acides sulfurique et phosphorique et le chlore, qui se rencontrent en plus ou moins grande quantité dans les argiles, sont essentiels, il est vrai, pour la croissance des plantes, mais c'est de la proportion de potasse et de soude que dépend principalement la valeur des argiles arables. La potasse qui entre dans la composition des cendres de toutes les plantes est un très puissant engrais; l'argile, dans la plupart des sols, en fournit la plus grande partie. Quand elle provient de la décomposition des roches feldspathiques et qu'elle renferme des fragments de feldspath, c'est-à-dire du silicate de potasse ou de soude et du silicate d'alumine susceptibles de se décomposer sous l'action combinée de l'atmosphère et de l'eau, sa valeur augmente d'autant. C'est ce qui explique les avantages de la jachère par laquelle une partie du sol mis à découvert subit l'influence de l'air et de l'eau pour la mise en liberté de la potasse et de la soude. Or la jachère,

c'est-à-dire le repos du sol, contraire aux lois du progrès agricole moderne, peut être remplacée par une opération bien plus rapide et non moins sûre, quant aux résultats de mise en liberté de la potasse et de la soude contenues dans les terres argileuses, c'est le brûlis de ces terres.

Dans le but de démontrer les avantages de cette opération, Vœlcker a procédé à des essais dont il a rendu un compte spécial[1].

TABLEAU LXXXVII. — Composition de l'argile de Bridgewater suivant divers essais de combustion.

	I.	II.	III.	IV.
Eau, chassée à 100 degrés centigrades	5.539	9.160	9.200	9.300
Matière organique et eau combinée	3.621			
— insoluble dans l'acide chlorhydrique faible	84.100	80.260	81.815	85.309
Matières solubles.				
Silice soluble	1.450	1.380	1.580	1.150
Oxydes de fer et alumine	3.070	8.245	6.092	2.970
Carbonate de chaux	0.740	0.420	0.550	0.188
Potasse	0.269	0.941	0.512	0.544
Soude	0.220	0.336	0.314	0.104
Acide phosphorique	0.380	0.165	0.128	Indéterminés
Chlore et acide sulfurique	Traces.	Traces.	Traces.	Traces.
Magnésie (non déterminée)	»	»	»	»
	99.389	100.907	100.221	99.565

Ces essais ont été exécutés sur l'argile du nouveau grès rouge, provenant des environs de Bridgewater (ferme de Huntstile). Pour étudier les modifications chimiques qui peuvent résulter de l'application au sol de l'argile brûlée, quatre échantillons ont été analysés :

N° I, argile à l'état naturel;

N° II, argile traitée au rouge sombre pendant une demi-heure dans un creuset de platine fermé ; couleur gris foncé ;

1. *The effects of burnt clay as a manure. — Journ. of Agric. and Trans. of the Highland and Agric. Soc. of Scotland ;* mars 1851.

N° III, argile traitée au rouge vif pendant une demi-heure dans un creuset ouvert et fréquemment brassée, dans le but de brûler complètement toute la matière organique et d'assurer la parfaite oxydation du protoxyde de fer; couleur rouge plus vive que celle du sol;

N° IV, argile soumise pendant trois heures au rouge vif, dans un creuset ouvert.

Après avoir fait bouillir chacun des échantillons ainsi obtenus, pendant une demi-heure, dans de l'eau distillée renfermant un dixième de son volume d'acide chlorhydrique, pour déterminer leur degré de solubilité, on recueillit la partie insoluble sur un filtre, en continuant à laver jusqu'à ce que rien ne se séparât plus. Dans la liqueur filtrée on dosa la silice soluble, l'oxyde de fer et l'alumine, le carbonate de chaux, la potasse, la soude et l'acide phosphorique. Le tableau LXXXVII reproduit les résultats des analyses et donne lieu aux observations suivantes :

1° L'argile, après combustion, est devenue beaucoup plus soluble que lorsqu'elle était à l'état naturel;

2° La température règle la solubilité de l'argile; et c'est seulement lorsqu'elle excède le point où la matière organique est brûlée que la solubilité décroît, comme le prouve la comparaison des résultats obtenus :

	RAPPORT ENTRE la matière inorganique soluble.	la matière minérale insoluble.
	—	—
Argile n° I, naturelle	6.740	84.100
— n° II, brûlée légèrement	10.580	80.260
— n° III, brûlée plus fortement	8.955	81.845
— n° IV, trop brûlée	5.391	85.309

Il est difficile, dans des essais de laboratoire, d'indiquer la température exacte à laquelle les argiles doivent être brûlées, pour l'amendement des terres, mais les observations que suggère la pratique en grand, aidées d'analyses des différentes argiles et des brûlis de ces argiles, offriraient un vif intérêt;

3° La composition de la partie soluble varie considérablement pour chacun des échantillons traités, mais il y a une remarque capitale à faire, c'est que les alcalis et surtout la potasse sont en proportion bien plus grande dans l'argile brûlée que dans la même

argile à l'état naturel. Il est vrai que la température règle également cette teneur, mais dans l'essai de l'argile modérément brûlée, qui rappelle l'opération telle qu'elle s'exécute dans les champs, la proportion de potasse soluble est triple de celle contenue dans l'argile naturelle. La soude est également rendue plus soluble par la combustion, bien qu'à un moindre degré que la potasse, et suivant la même loi, en ce qui regarde l'augmentation de la température.

La chaux, dans ses variations, offre plutôt un intérêt théorique que pratique, car si elle se trouve dans l'argile naturelle à l'état de carbonate, elle ne peut plus se trouver dans les échantillons II, III et IV qu'à l'état de chaux vive ou de silicate. Vœlcker s'attache à démontrer que c'est à l'état de silicate que la chaux s'y trouve, par suite de l'action à une température élevée du carbonate de chaux sur le silicate insoluble de potasse et de soude que renferme l'argile. La diminution de la quantité de chaux et l'augmentation de la potasse dans la partie soluble de l'argile brûlée, justifient cette manière de voir.

D'ailleurs, le professeur Fuchs, de Munich, avait constaté que non seulement le feldspath, mais d'autres minéraux contenant du silicate de potasse, se décomposent plus facilement après avoir été modérément calcinés, et le professeur Lampadius avait déterminé, dans une série d'expériences culturales, combien la croissance des plantes se développe en calcinant à une chaleur modérée le gneiss, le granit, quelques variétés de roches porphyriques et trappéennes, qui renferment tous du silicate de potasse. Enfin, le professeur Zierl, de Munich, avait suggéré, sans analyses à l'appui, que les effets de l'argile brûlée pourraient bien être dus à une plus grande solubilité des éléments accessoires constituant l'argile, et particulièrement des alcalis;

4° Par suite de la réaction de la chaux sur les silicates de potasse et de soude, qui augmente la proportion des alcalis solubles dans l'argile brûlée, il importe que les argiles soumises au feu contiennent de la chaux, ou qu'elles soient mêlées avec de la chaux avant d'être brûlées, sinon qu'elles soient chaulées après avoir été brûlées;

5° Les propriétés fertilisantes de l'argile brûlée dépendant principalement de leur teneur en alcalis, il y a lieu de ne soumettre au feu que les argiles contenant de la potasse et de la soude en quantité suffisante, ce qu'indique l'analyse chimique;

6° Quand l'argile est trop calcinée, elle acquiert la dureté de la pierre, après avoir perdu sa porosité et elle ne se délite plus à l'air. Comme l'a démontré le professeur Johnston, les éléments constitutifs sont rendus, par un excès de température, moins solubles qu'ils ne l'étaient déjà dans l'argile à l'état naturel, et, de plus, l'argile trop brûlée n'absorbe plus autant d'ammoniaque atmosphérique;

7° L'essai des échantillons n^os^ I et II, au point de vue de leur capacité de retenir l'ammoniaque atmosphérique, démontre que l'argile non brûlée, en tenant compte de l'ammoniaque fournie par la matière organique, renferme de l'ammoniaque en plus grande quantité que l'argile brûlée;

8° L'essai, dans le même but, de l'échantillon n° IV prouve que le pouvoir de l'argile trop brûlée, quant à la rétention de l'ammoniaque de l'air, est considérablement réduit. De fait, l'argile modérément brûlée en absorbe deux fois plus;

9° Si l'on brûle à une température modérée de l'argile (Bridgewater) avec du charbon de bois en poudre dans un creuset fermé, afin de réduire le peroxyde de fer contenu dans l'argile en protoxyde, et qu'on soumette l'échantillon obtenu, pour moitié à l'air sec et à l'état sec, et pour l'autre moitié à l'état humide dans une atmosphère humide, on constate que la quantité d'ammoniaque absorbée est à très peu près identique. Ainsi, ne se vérifie pas la théorie de Sprengel, d'après laquelle l'ammoniaque, dans l'argile brûlée, se forme par la décomposition de l'eau sous l'influence du protoxyde de fer et de l'air. L'absorption de l'ammoniaque par l'argile brûlée n'explique pas ses effets pour l'amendement des terres;

10° Les améliorations apportées aux récoltes de racines, de pommes de terre et des fourrages verts par l'emploi de l'argile brûlée, sont dues à la plus grande quantité de potasse mise à leur disposition.

2. — Amendements calcaires.

La chaux s'emploie de temps immémorial en agriculture à l'état de chaux grasse, vive ou éteinte, de craie, de marne, de sables coquillier et madréporique.

TABLEAU LXXXVIII. — Composition de divers calcaires et pierres à chaux.

	CALCAIRES A BATIR.			CALCAIRES HYDRAULIQUES.			CALCAIRES AGRICOLES.		
	OOLITHIQUES.			OOLITHE.	LIAS.	SILURIEN.	TERRAIN HOUILLER.		
	Dundry, Bristol. 1.	Downside, Bristol. 2.	Combedowns, Bath. 3.	— Habertonford, Totnes. 4.	— Stapleton, Bristol. 5.	— Clynderwen Pembroke. 6.	Pays de Galles. 7.	Dartbridge, Totnes. 8.	Petebole, Totnes. 9.
Eau chassée à 100 degrés centigrades	0.230	0.17	0.71	»	2.12	0.18	0.286	0.49	»
— combinée	0.110			1.51		0.52			1.98 [1]
Chaux : carbonate	96.146	92.58	95.71	83.86	84.61	81.70	96.250	95.57	71.11
— sulfate	0.153	»	»	0.10	»	0.10	»	»	1.14
— silicate	»	»	»	»	»	»	»	»	1.33
Strontiane : carbonate	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Magnésie	0.170	»	0.23	»	»	»	»	»	»
— carbonate	»	0.25	»	»	0.69	0.79	2.289	0.85	»
— silicate	»	»	»	0.63	»	»	»	»	0.99
Alumine	0.120	»	0.61	1.59	2.06	0.91	0.390	0.93	2.50
Fer protoxyde	0.510	0.34	1.04						
— peroxyde	»	0.27	»						
Acide phosphorique	»	»	»	»	»	(0.022)	»	»	»
Manganèse : carbonate	»	0.55	»	»	»	»	»	»	»
Potasse	0.296	»	»	0.25	»	»	»	»	»
Soude	0.011	»	»		»	»	»	»	»
— carbonate	»	»	0.71	»	»	»	»	»	»
Chlorure de sodium	»	»	0.65	»	»	»	»	»	»
Silice	1.350	4.64	0.85	»	»	»	»	»	»
Matières minérales insolubles (argile et sable)	»	»	»	12.06	10.49	15.86	0.858	2.05	21.95
	99.459	99.10	99.97	100.00	100.00	100.06	100.173	99.85	100.00

1. L'eau est combinée avec de la matière organique (graphite).

TABLEAU LXXXVIII. — Composition de divers calcaires et pierres à chaux. (*Suite.*)

	CALCAIRES AGRICOLES.										
	TERRAIN HOUILLER.		LIAS.	CARADOC.	SILURIEN.	OOLITHE.					
			—	—	—	GRANDE.	INFÉRIEURE.				
	Williamson, Pembroke.	Ashburton, Devon.	Aberthaw, Glamorgan.	» Pembroke.	Llandewi, Pembroke.	— Cirencester.	Cirencester.	Combe, Sherborne.	Cornbrash.	Stonefield.	Forest marble.
	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
Eau chassée à 100 degr. centigr.	0.050	0.200	0.260	»	0.120	»	»	2.300	»	»	»
— combinée	0.170		0.290	0.13	0.230	»	»		»	»	»
Chaux : carbonate	99.080	95.490	89.870	81.55	84.740	95.346	89.20	85.339	89.195	84.261	81.242
— sulfate	0.030	0.100	0.110	»	0.050	0.204	0.09	»	0.241	0.649	0.737
— silicate	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Strontiane : carbonate	»	»	»	3.77	»	»	»	»	»	»	»
Magnésie	0.400	1.490	»	»	0.150	0.739	0.31	1.028	0.771	0.454	0.372
— carbonate	»	»	0.880	1.04	»	»	»	»	»	»	»
— silicate	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Alumine											
Fer protoxyde	0.193	0.713	0.483	2.66	0.683	1.422	4.14	3.833	2.978	1.809	1.420
— peroxyde											
Acide phosphorique	0.057	0.012	0.167	»	0.077	0.124	0.03	Indéterminés.	0.177	0.177	0.032
Manganèse : carbonate	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Potasse	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Soude	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
— carbonate	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Chlorure de sodium	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Silice	»	»	»	»	»	1.016	2.75	7.565	1.231	0.582	1.210
Mat. minér. insol. (argile et sable)	0.170	1.760	8.120	11.02	13.720	0.533	3.27		4.827	11 553	15.210
	100.200	99.770	103.180	100.17	99.810	99.381	99.85	100.065	99.420	99.433	100.210

A. — *Chaux grasse.*

La chaux grasse s'obtient par la calcination, dans des fours appropriés, des divers calcaires naturels consistant principalement en carbonate de chaux. Dans les meilleures variétés de calcaires, la proportion de carbonate de chaux atteint 94 et même 96 p. 100 ; mais d'ordinaire, elle est moindre, en raison du carbonate de magnésie, des oxydes de fer, de l'alumine et des matières siliceuses insolubles. La couleur, la dureté, l'aspect physique des calcaires varient suivant le rapport entre ces substances étrangères et le carbonate, comme aussi d'après les circonstances générales au milieu desquelles ils ont été géologiquement formés. Vœlcker, envisageant leurs caractères physiques et chimiques, les classifie selon qu'on les emploie pour bâtir, pour fabriquer des chaux hydrauliques ou pour amender le sol arable[1].

Calcaires à bâtir. — Parmi les meilleurs calcaires pour construction, on rencontre dans l'ouest de l'Angleterre, ceux des environs de Bath et de Bristol. Le tableau LXXXVIII reproduit la composition déterminée par Vœlcker et Cooper de quelques variétés les plus estimées.

Le n° 1, calcaire oolithique de Dundry, près de Bristol, a été employé pour la construction, aux XIIe et XVe siècles, de l'église Sainte-Marie Redcliffe et à la restauration de l'édifice, en remplacement de la pierre de Caen qui avait été primitivement choisie ; le n° 2, calcaire oolithique provenant de Downside, Brockley-Combe, près de Bristol, a été employé à l'intérieur de l'édifice du Parlement et de l'abbaye de Westminster à Londres, et pour la cathédrale de Cantorbury ; le n° 3, extrait à Combe-Downs, près de Bath, après avoir servi à restaurer la chapelle Henri VII à Westminster, s'est montré de qualité inférieure au calcaire de Dundry, par l'effritement qui se produit à la surface.

Calcaires hydrauliques. — De couleur variant généralement entre

1. *On the use of lime, marl and shell-sand in agriculture. Bath and W. of England Agric. Journ.* vol. 6, 1858.

le bleu et le brun foncé, rarement jaune, ces calcaires sont très durs et compacts. Leur composition indique toujours la présence de magnésie, de sable, d'argile, de silicate de chaux, etc. ; plus le carbonate est impur, plus la chaux hydraulique que donne le calcaire est de bonne qualité, et plus le ciment est estimé. Les calcaires hydrauliques abondent dans la formation du lias, et par ce motif, ne sont pas recherchés pour l'utilisation agricole, tant qu'on peut, à un prix raisonnable, s'en procurer d'autres.

Dans le même tableau LXXXVIII sont rapportées les analyses de trois calcaires hydrauliques : le n° 4, extrait de la carrière Haberton-ford près de Totnes, à l'extrémité du district de roche trappéenne, est employé dans la construction des murs et des réservoirs ; le n° 5, exploité à Stapleton, près de Bristol, dans le lias, donne une chaux de qualité inférieure ; le n° 6, calcaire silurien, provient de Clynderwen dans le comté de Pembroke. Tous trois sont impurs, mais bien que le carbonate de chaux soit plus abondant dans le n° 4, il produit le meilleur ciment hydraulique, en raison de son état de combinaison.

Calcaires agricoles. — Pour les usages agricoles, tous les calcaires exempts d'impuretés et renfermant plus de 60 p. 100 de carbonate de chaux, fournissent une chaux grasse convenable. Leur valeur relative diffère notablement ; quelques-uns donnent après cuisson un produit pauvre en chaux qui s'éteint mal ; tandis que d'autres fournissent une chaux s'éteignant facilement en abandonnant une poudre volumineuse finement divisée. La composition, qui varie suivant les formations géologiques et les diverses couches d'une même formation, montre que plus la teneur en carbonate de chaux est élevée, plus celle des autres matières étrangères est faible, et mieux le calcaire se comporte à la cuisson ; de même sous le rapport physique, les pierres calcaires dures, compactes, à grain cristallin, produisent en général, toutes autres circonstances étant égales, une chaux plus douce, plus friable, plus légère et foisonnant plus par l'extinction. L'analyse des calcaires offre un guide excellent pour déterminer s'ils sont appropriés à la production d'une bonne chaux pure.

Vœlcker a examiné la composition des calcaires de l'ouest de

l'Angleterre appartenant aux groupes des terrains carbonifères, liasique, silurien caradoc et oolithique. Nous avons compris ces analyses, à la suite, dans le tableau LXXXVIII.

Le calcaire carbonifère (*mountain limestone*) est très bien représenté dans le pays de Galles et le Devonshire où il constitue de petits soulèvements d'autant plus précieux que le sol environnant est dépourvu de calcaire. Il apparaît également dans le comté de Somerset et sert, comme celui du lias, pour l'agriculture. Sa couleur varie depuis le gris clair, jaunâtre, bleuâtre, jusqu'au gris-noir. Les variétés les plus foncées sont très douces, dures, cristallines ; d'autres sont chargées de coquilles fossiles ; d'autres, enfin, ne renferment aucuns vestiges de la vie passée.

Les calcaires n° 7, du pays de Galles, et n° 8, de la carrière Dartbridge, près de Totnes (Devon), qui ont une composition analogue et une teneur élevée en carbonate de chaux, tous deux compacts et cristallins, fournissent une chaux grasse excellente, surtout le n° 1. La chaux par l'extinction foisonne énormément et ne renferme aucune impureté siliceuse.

Le calcaire n° 9 provient de la carrière Petchole, près de Totnes, c'est-à-dire à quelques kilomètres des nos 8 et 4, au milieu d'un district à terres argileuses fortes. Comme le n° 4, il contient beaucoup de matière siliceuse et de sable, du silicate et du sulfate de chaux plus que d'ordinaire, indépendamment d'un peu de matière organique à l'état de graphite qui est exceptionnelle. Modifié dans sa composition par l'action volcanique, ce calcaire à 71 p. 100 de carbonate, est de qualité bien inférieure à celle des échantillons précédents.

Les calcaires houillers nos 10 et 11 sont des spécimens de pierres à chaux d'excellente qualité. Ils contiennent peu de sulfate de chaux, des traces ou très peu de matière siliceuse, d'acide phosphorique et de magnésie. Le n° 10, provenant de Williamson, dans le comté de Pembroke, renferme seulement 1 p. 100 de matières étrangères, et le n° 11, extrait à Ashburton, dans le Devonshire, 4.5 p. 100. Tous deux fournissent une chaux d'une blancheur remarquable qui s'éteint à l'air et tombe en fine farine. Le n° 10, si l'on compare sa composition à celle du marbre de Carrare, est à peu près aussi riche en carbonate de chaux.

Composition du marbre de Carrare.

Carbonate de chaux	99.236
— de magnésie	0.284
Oxyde de fer	0.251
Silice	»
	99.771

Le calcaire liasique de Aberthaw, dans le comté de Glamorgan, n° 12, renferme des matières siliceuses et de la magnésie et fournit une chaux vive propre aux usages agricoles, mais elle ne foisonne pas et requiert l'addition d'eau pour se mettre en poudre; c'est plutôt, comme pour les autres pierres du lias, un calcaire à ciment.

Le calcaire appartenant au grès de Caradoc, qui est une roche silurienne inférieure (n° 13 du tableau), se rencontre dans les comtés de Glamorgan et de Pembroke. Quoiqu'il contienne 11 p. 100 de matières insolubles et de sable, plus que dans l'échantillon précédent, ce calcaire fournit une bonne chaux grasse, ce qui s'explique par le fait que la matière insoluble consiste principalement en argile, au lieu de sable.

Un autre calcaire silurien, sous le n° 14, extrait à Llandewi, dans le comté de Pembroke, renfermant plus de carbonate de chaux que les n°s 6 et 13 de même formation, et 15 p. 100 de matières étrangères, donne une chaux de couleur rouge que les fermiers recherchent, bien que de qualité inférieure à celle n° 10 du même comté.

Les calcaires jurassiques sont abondants dans les comtés de Gloucester et de Somerset; ceux qui fournissent la meilleure chaux proviennent de la grande oolithe, ou formation calcaire de Bath. Les calcaires de l'oolithe inférieure, notamment le *Cornbrash*, le *Forest-marble* et le schiste de Stonefield, sont peu employés pour la fabrication de la chaux.

Sous les n°s 15, 16 et 17 figurent les analyses des calcaires oolithiques; le n° 15 peut convenir également aux constructions et à la fabrication de la chaux; le n° 16, d'une grande dureté, est meilleur pour l'empierrement des chaussées que pour le chaulage; le n° 17 également.

Quant aux calcaires n°s 18, 19 et 20, appartenant à la formation

qui forme la base de l'oolithe, on peut dire qu'en raison de leur faible teneur en carbonate de chaux et de la proportion de matières incorporées, ils conviennent peu au chaufournier.

Valeur agricole des calcaires. — Si, comme le démontrent les analyses qui précèdent, un calcaire a d'autant plus de valeur pour la fabrication de la chaux grasse qu'il renferme plus de chaux et moins de magnésie, ce n'est pas un motif pour déclarer que la magnésie nuit à la végétation. Il est vrai que les calcaires magnésiens fournissent à la calcination une chaux maigre qui s'éteint difficilement sans foisonner, mais les essais faits directement à l'aide de la magnésie caustique n'ont rien révélé qui puisse faire douter de l'action inoffensive de cette base. De toutes manières, Vœlcker exprime l'avis qu'une proportion de 2 à 10 p. 100 de magnésie dans un calcaire ne saurait diminuer sa valeur, si la chaux se comporte bien à l'extinction et foisonne en poussière fine et volumineuse.

C'est une erreur non moins gratuite que d'attribuer à un calcaire destiné à faire de la chaux, une plus-value, à cause des coquilles et des autres débris fossiles qu'il renferme. Bien des calcaires coquilliers sont impropres à la fabrication et aux environs de Cirencester, ces calcaires fournissent la plus mauvaise chaux. Vœlcker a constaté d'autre part, en les analysant directement, que les calcaires coquilliers ne sont pas plus riches en acide phosphorique, ni même les coquilles, par rapport à leur gangue. En dehors du carbonate de chaux qui constitue la mesure de la valeur agricole d'un calcaire, les acides phosphorique et sulfurique présents dans la chaux en quantité généralement insignifiante, ne peuvent que l'augmenter.

Chaux éteinte. — Sans entrer dans les détails que Vœlcker donne sur les modifications que subissent le carbonate de chaux dans les fours à calciner et la chaux vive après défournement et extinction, nous rappellerons qu'il a analysé, après quelques mois de séjour à l'air, la chaux obtenue avec le calcaire de Williamson (no 10) pour constater la proportion de carbonate de nouveau formé. Aussi bien, le calcaire no 10 et la chaux étant très purs, il est facile de constater que, par l'extinction spontanée, une quantité très appréciable de chaux se carbonate, et que cette quantité varie selon la durée du séjour à l'air.

Composition d'une chaux éteinte spontanément à l'air libre.

Eau chassée à 100 degrés centigrades	0.78
Oxydes de fer et alumine	0.29
Silice	0.14
Magnésie	0.14
Sulfate de chaux	0.11
Carbonate de chaux	15.11
Hydrate de chaux	83.43
	100.00

Chaux à gaz. — Les usines à gaz d'éclairage livrent à l'agriculture la chaux des épurateurs, employée à l'absorption des gaz sulfhydriques et acide carbonique du gaz, au sortir des cornues de distillation de la houille. La chaux se convertit ainsi plus ou moins en carbonate de chaux et en sulfure de calcium, et retient mécaniquement quelque peu de matière goudronneuse, d'ammoniaque et d'autres substances volatiles.

Les composés sulfureux ne tardent pas à se décomposer à l'air libre ; c'est-à-dire, le sulfure de calcium se transforme en sulfite et finalement en sulfate de chaux ou gypse.

L'analyse que donne Vœlcker d'une chaux d'usine à gaz, ramenée à 100, indique la présence d'une forte quantité de sulfite de chaux qui se décompose facilement, même par l'acide carbonique, en mettant en liberté de l'acide sulfureux nuisible à la végétation. Il y a donc lieu de ne pas se presser d'employer une pareille chaux comme amendement ; le mieux serait de la mélanger avec des déchets animaux ou végétaux à l'état de compost, que l'on conserve cinq ou six mois en tas avant de répandre sur le sol.

Composition d'une chaux à gaz.

Eau combinée et matière organique	7.24
Oxydes de fer et alumine	2.49
Sulfate de chaux	4.64
Sulfite de chaux	15.19
Carbonate de chaux	49.40
Chaux caustique	18.23
Magnésie et alcalis	2.53
Matière siliceuse insoluble	0.28
	100.00

La composition de cette chaux n'est qu'une indication pour d'autres chaux de même provenance. Au sortir des appareils, la chaux d'épuration dose de 30 à 40 p. 100 d'eau.

B. — *Craie.*

Dans l'Ouest de l'Angleterre, la craie apparaît dans quelques parties seulement des comtés de Dorset, de Wilt et de Somerset, et n'est employée comme amendement que dans les districts avoisinants.

Les couches supérieure et inférieure de la formation crétacée renferment, outre du carbonate de chaux, des oxydes de fer et de l'alumine, de la magnésie, des traces d'acides phosphorique et sulfurique combinés avec la potasse et la soude et plus ou moins de silice, fournie assez souvent par les coquilles d'animaux infusoires.

C'est une pratique assez fréquente dans les contrées crayeuses [1], de foncer des puits assez profonds pour extraire la craie de la couche inférieure et la ramener à la surface du sol formé de craie. Lorsque cette couche inférieure renferme assez de phosphate de chaux, pour que les os et même les superphosphates employés comme engrais, n'aient aucune action fertilisante sur les terres qui en sont formées, on peut justifier cette pratique au point de vue scientifique ; mais il n'est pas démontré que les couches de la craie s'enrichissent en phosphate avec la profondeur, ni que celles de la craie inférieure soient plus riches en acide phosphorique que les strates supérieurs. Les analyses, au nombre de cinq, que Way et Vœlcker ont données de la craie provenant des diverses couches et qui sont rapportées dans le tableau LXXXIX, ne confirment pas cette loi. Il en ressort que si la bonne craie renferme de 90 à 98 p. 100 de carbonate de chaux pur, l'acide phosphorique est faiblement représenté, aussi bien à la partie supérieure qu'à la partie inférieure du terrain crétacé. L'agriculteur doit donc se guider uniquement d'après la composition de la craie qu'il veut ramener à la surface, et non pas d'après les caractères physiques de dureté, de couleur, etc., avant

---

1. Dans le comté de Somerset, par exemple, aux environs de Ilminster.

TABLEAU LXXXIX. — Composition de craies et marnes diverses.

	CRAIE					MARNE				
	inférieure. 1.	inférieure avec silex. 2.	blanche supérieure. 3.	blanche supérieure. 4.	blanche. 5.	sableuse de Combe. 6.	argileuse de Bridgewater. 7.	crayeuse de Wilt. 8.	crayeuse de Gloster. 9.	crayeuse. 10.
Eau et matière organique	»	»	»	»	0.75	5.41	3.38	»	»	2.49
Protoxyde et peroxyde de fer.	0.55	0.74	1.05	0.40	1.29	6.94	8.82	0.780	2.86	0.36
Alumine	Traces.	»	»	»			6.67			
Argile insoluble	2.04	0.66	1.46	0.87	4.99	»	54.89	6.090	»	»
Sable —						74.86	»	»	»	18.55
Silice soluble dans KO caustique	Traces.	»	»	»	»	»	17.94	16.710	0.26	8.29
Chlore	»	»	»	0.08	»	»	Traces.	»	Traces.	»
Chaux	54.37	55.21	55.72	55.18	»	»	1.41	40.757	52.33	»
— carbonate	»	»	»	»	92.21	10.55	»	»	»	69.23
Magnésie	0.25	0.10	0.06	0.30	»	»	0.92	0.825	0.31	0.45
— carbonate	»	»	»	»	0.35	1.44	»	»	»	
Potasse	0.08	0.06	0.17	0.22	0.41	0.80	1.48	Traces.	Traces.	
Soude	0.19	0.14	0.02	0.21			1.08	Id.	Id.	
Acide phosphorique	0.07	0.08	0.04	0.08	»	Traces.	0.51	0.242	Id.	0.63
— sulfurique	0.31	Traces.	»	0.09	»	»	Traces.	1.546	»	Traces.
— carbonique et perte	42.14	42.98	41.48	42.57	»	»	2.87	33.050	44.70	»
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.000	100.46	100.00

de foncer des puits et de sacrifier de la main-d'œuvre et de l'argent pour un amendement inefficace. L'analyse n° 5, faite par Vœlcker, s'applique à une craie dont il s'est servi dans ses expériences culturales à Woburn pour les navets de Suède[1].

C. — *Marne.*

On désigne sous le nom générique de marnes, des composés minéraux qui diffèrent notablement sous le rapport de leur composition et de leurs caractères physiques; les écrivains agricoles les distinguent alors par des qualificatifs: marne argileuse, coquillière, sableuse, crayeuse, tourbeuse; marne sèche, terreuse, blanche, grise, etc.

Parmi les marnes employées couramment par les agriculteurs de l'ouest de l'Angleterre, Vœlcker en a analysé un certain nombre; nous reproduisons, dans le tableau LXXXIX, cinq de ces analyses se référant à des marnes sableuses et crayeuses.

Dans le sens propre du mot, en doit entendre par *marne* un mélange d'argile, de carbonate de chaux et de chaux, dans lequel il y a au moins de 5 à 6 p. 100 de carbonate de chaux. Le n° 6, provenant de Combe, près de Sherborne, n'est pas, à proprement parler, une marne, en raison de la quantité de sable qu'elle renferme; elle ne saurait être utilisée qu'en masses sur des terres légères dépourvues de chaux, ou bien sur des terres fortes qui veulent être mécaniquement ameublies. Le n° 7, marne argileuse de Bridgewater, paraît appartenir au terrain d'alluvion; elle se présente en rognons d'un rouge brun, se délitant à l'air avec facilité et constitue un excellent amendement. Bien que pauvre en chaux, cette marne est riche en acide phosphorique et en potasse soluble; de plus, l'argile divisée qui entre dans sa composition renferme beaucoup de potasse à l'état insoluble qui, sous l'influence atmosphérique, devient soluble. Cette marne ne saurait toutefois dispenser du chaulage, ou du mélange avec la chaux, pour les terres qui en manquent, précisément aux environs de Bridgewater.

1. *Field experiments on Swedish turnips; Journ. Roy. Agric. Soc. of England,* XVII, 1881.

La marne crayeuse n° 8, qui se trouve en rognons grisâtres au pied des dunes du comté de Wilt, est très employée comme amendement des terres arables et en pâturages. La teneur en acide phosphorique y est plus faible que dans la marne n° 7, mais elle améliore ses effets fertilisants dus au carbonate de chaux et à la silice soluble.

La marne crayeuse n° 9, extraite dans le comté de Gloucester, malgré sa teneur en carbonate de chaux, est inférieure aux deux précédentes. Enfin, la marne crayeuse n° 10 a servi à Vœlcker dans ses essais de fumure en couverture du froment[1].

Il a été démontré analytiquement que certaines marnes crayeuses doivent leur efficacité, comme amendement des sols qui contiennent beaucoup de chaux, à la présence du phosphate de chaux. Les nodules phosphatés que l'on rencontre fréquemment dans les marnes du Wiltshire et du Somersetshire, et qui se distinguent assez mal à l'œil des rognons marneux, sont des indices propres à guider les agriculteurs dans le choix de marnes fertilisantes.

D. — *Sables coquilliers ou marins.*

Ces sables sont formés de fragments calcaires et siliceux provenant de débris de coquilles, de madrépores, de parcelles de granit et, en faible quantité, de matières animales et de sels alcalins solubles. Leur couleur, leur ténuité, etc., varient autant que leur composition chimique. Sur les côtes occidentales de l'Angleterre, ils constituent de vastes dépôts, notamment à Bude, à Northcotemouth, à Hartland-Quay et dans l'estuaire de Padstow. On évalue à un million de mètres cubes la quantité que l'on extrait à Padstow pour les besoins seulement de la Cornouailles où les terres argileuses très compactes ou sablonneuses et maigres, résultent de la décomposition des roches schisteuses et granitiques dépourvues de chaux.

Le tableau XC offre les analyses de 8 variétés de sables marins provenant de la côte de Cornouailles et du Devonshire.

On remarquera que la teneur en carbonate de chaux varie entre 14 et 80 p. 100, et que les sables les plus riches en chaux renfer-

---

1. *Experiments with different top dressings upon wheat;* 1859.

ment moins de matière siliceuse. La variation de teneur en oxydes de fer explique les différences de couleur qu'offrent ces sables. Les sels alcalins solubles sont faiblement représentés.

TABLEAU XC. — Composition de divers sables coquilliers marins.

	BUDE.		Comb Martin.	Hartland-Quay.	Northcote-mouth.	Summer-liege.	Sandy-mouth.	Padstow.
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Eau et matière organique. .	3.668	2.52	6.468	6.420	8.525	2.267	3.51	1.233
Sable siliceux insoluble . .	37.144	35.33	68.635	58.322	25.025	29.910	48.29	12.127
Oxydes de fer et alumine. .	3.397	8.50	8.781	4.350	1.768	3.492	3.48	1.686
Carbonate de chaux	53.123	52.59	14.138	29.810	62.467	63.067	43.27	80.089
Sulfate de chaux.	»	»	»	»	»	»	»	1.049
Carbonate de magnésie. . .	2.668	0.98	1.975	1.068	2.215	1.264	1.70	3.176
Sels alcalins		»					»	»
Chlorure de sodium	»	0.38	»	»	»	»	Indét.	0.314
Acide phosphorique	»	»	»	»	»	»	»	0.228
	100.000	100.30	100.000	100.000	100.000	100.000	100.00	99.811

Les sables nos 3 et 4 de Combe Martin et de Hartland-Quay étant de qualité tout à fait inférieure, ceux de Bude nos 1 et 2, de Northcote-mouth no 5, et de Summerliege no 6, qui renferment 50 p. 100 et au delà de carbonate de chaux, se recommandent pour l'amendement des terres dépourvues de chaux. Le sable coquillier de Sandy-mouth, no 7, à 43 p. 100 de carbonate, a également son prix comme amendement. Le meilleur de ces sables, celui de Padstow, no 8, est le seul où Vœlcker ait pu doser quantitativement l'acide phosphorique et le sulfate de chaux, qui ajoutent une valeur sensible au carbonate de chaux dont la teneur atteint 80 p. 100.

E. — *Action de la chaux.*

Le rôle de la chaux dans le sol est mécanique et chimique; elle rend les terres fortes plus poreuses et plus friables, et elle consolide les terres légères; elle fournit un aliment indispensable pour la vie des plantes. Tous les sols naturellement fertiles contiennent de la chaux; inversement, ceux qui sont naturellement improductifs, en manquent, et c'est à ces derniers surtout que le chaulage s'applique

avec profit. Comme les cendres de toutes les plantes cultivées renferment plus ou moins de chaux et que les plantes ne peuvent pas en créer, on comprend l'utilité du chaulage et du marnage dans les terres où le calcaire fait défaut. La quantité de chaux que prélèvent les récoltes dans le sol varie beaucoup suivant le dosage de leurs cendres.

	RÉCOLTE sur un hectare.	CHAUX dans le grain ou la racine.	CHAUX dans la paille ou les fanes.	CHAUX enlevée au sol sur un hectare.
	Hectol.	Kil.	Kil.	Kil.
Blé	22,5	1,120	13,450	14,57
Orge	36,0	1,680	17,375	19,05
Avoine	45,0	3,365	21,295	24,66
Seigle	23,3	1,120	17,935	19,05
Fèves	22,5	2,800	38,110	40,91
	Tonnes.			
Turneps	50,2	51,560	80,705	132,26
Pommes de terre	20,0	8,965	34,745	43,71
Trèfle rouge	5,0	»	86,310	86,31
Ray-grass	5,0	»	33,625	33,62

On comprend, d'après l'écart entre les quantités de chaux prélevées dans le sol, pourquoi la chaux favorise certaines récoltes plus que d'autres, et pourquoi il importe de renouveler le chaulage après un certain temps.

La chaux exerce une action spéciale, en raison de sa propriété caustique, sur les matières organiques dont elle facilite la décomposition et prévient l'accumulation dans le sol. C'est par ce motif que l'on ajoute souvent de la chaux dans les composts formés de débris végétaux et animaux. A l'égard des matières organiques du sol, elle détermine leur conversion en acide carbonique et, pour une partie en acide nitrique ; ces deux acides concourent également à développer la végétation. A l'égard des racines, des feuilles et détritus des précédentes récoltes, qui n'étant pas décomposés ont une influence insignifiante sur la végétation, elle active la désorganisation des tissus et par conséquent, la fermentation putride, au profit des éléments minéraux fertilisants qui s'en dégagent. Enfin, par ses propriétés alcalines, elle neutralise les acides libres formés dans le sol et, par suite, les effets dommageables de l'humus des terres tour-

beuses et marécageuses. Le chaulage à haute dose convient surtout à ces sortes de terres.

Si l'action de la chaux est manifeste sur les sols riches en substances organiques, elle n'est pas moins importante sur les autres sols dont elle modifie la constitution minérale. En première ligne, elle accélère la désagrégation des silicates, en mettant en liberté la potasse et la soude ; surtout dans les terres argileuses formées par les débris de granit, de feldspath et d'autres roches cristallines ; de là les bienfaisants effets du chaulage sur les argiles à peu près dépourvues de matières organiques.

L'abus de la chaux, comme tous les abus, a des conséquences funestes, dont l'ignorance de ses propriétés actives a seule à répondre. Ainsi, le chaulage ne peut pas dispensèr le cultivateur de rendre au sol les engrais que les récoltes ont enlevés ; le chaulage ne tient pas lieu de fumier, et si la culture peut se continuer pendant un certain temps sur des terres chaulées, avec de bons rendements, sans apport d'engrais, c'est parce que ces terres sont en excellente condition ; mais leur épuisement ne tardera pas à se manifester. Au contraire, en maintenant les fumures après le chaulage, on augmente, non seulement le rendement, mais on peut étendre les cultures fourragères épuisantes sans crainte d'épuisement. La loi de restitution au sol des éléments dont il a été privé par les récoltes, serait éludée, s'il suffisait de lui restituer un seul d'entre eux, la chaux.

Les récoltes qui se trouvent le mieux du chaulage sont celles du trèfle, du ray-grass et des prés naturels ; le sainfoin, les pois, les fèves, les gesses et les turneps s'en ressentent aussi avantageusement.

Appliquée au trèfle, au ray-grass, aux plantes de prairies artificielles, la chaux donne une herbe plus serrée au pied et forme une sole qui s'améliore d'année en année, avec augmentation de rendement et de qualité. Le trèfle et le ray-grass récoltés après chaulage sont bien plus succulents, et abondent souvent en trèfle blanc qui n'a pas été semé. Dans bien des sols, il est impossible de cultiver le trèfle ou le ray-grass sans un chaulage à haute dose qui assure un fort rendement et une qualité supérieure de produit.

La chaux offre encore l'avantage, pour la culture du trèfle, de l'affranchir fréquemment de la maladie que Vœlcker ne craint pas d'attribuer, dans bien des cas, au manque de chaux dans le sol.

Sur les herbes des prairies naturelles et spécialement sur les agrostis, le fumier ne donne souvent tout son effet qu'après chaulage. Dans la culture arable qui admet que la terre reste deux ou trois années consécutives en prairie, l'usage de la chaux à forte dose amène d'excellents résultats. La chaux détruit les herbes grossières et favorise le développement des espèces plus délicates et plus nourrissantes. C'est au commencement de l'hiver qu'il faut l'appliquer sur les anciens pâturages, afin que l'eau entraîne la chaux vers les racines avant que la végétation reprenne.

Dans les terrains tourbeux, les mousses, les bruyères, les houques molles et laineuses et les autres plantes caractéristiques, sont détruites par la chaux qui devient dès lors un agent important d'amélioration pour les prairies de ces terrains.

Les légumineuses, pois, fèves et gesses, de même que le sainfoin et la luzerne qui exigent plus de chaux que les autres plantes, tirent un grand profit du chaulage sous le rapport du rendement et de la qualité.

Les turneps, fumés avec des composts de chaux, dans les sols riches en matières organiques et prêts à être ensemencés, sont améliorés comme qualité et comme quantité. La chaux écarte d'ailleurs la maladie des tubérosités qui attaque les turneps. Les loams riches des Lothians, provenant de la désagrégation des roches trappéennes où abonde la chaux, sont connus comme les meilleures terres à turneps.

Dans les terres fortes et les argiles humides, la culture des pommes de terre ne prospère que grâce au chaulage qui les rend plus farineuses et agréables au goût.

Il est certain que la chaux influe d'une manière heureuse sur les céréales ; notamment dans les sols argileux, elle accroît le rendement en grain et en paille ; le grain du blé est plus fin, plus lourd, plus farineux. L'orge profite plus du chaulage que le froment ou l'avoine ; mais même pour l'avoine, dans les sols graveleux, la chaux appliquée à faible dose donne un excellent produit.

F. — *Emploi de la chaux* (*chaulage*).

La dose de chaux à appliquer dépend de tant de circonstances, telles que la nature du sol, l'espèce de récolte, le temps écoulé depuis la précédente opération, le prix de la chaux, la convenance et les prix du transport, etc., qu'elle échappe à une loi générale.

Dans les districts où les terres ne sont pas calcaires et où la chaux abonde à bas prix, comme dans les comtés de Somerset et du Devon, la dose de chaux appliquée à l'hectare est bien plus considérable que dans les districts où les terres sont moins pauvres en calcaire et pour lesquelles le transport de la chaux est plus onéreux.

Les baux, dans les comtés de Somerset et du Devon, stipulent que pour les terres dépourvues de calcaires, le fermier doit chauler à raison de 70 hectolitres par hectare à chaque sole qui commence la rotation ; ce qui correspond à 14 hectolitres par an. C'est l'usage également dans le district des Brandon-Hills et dans le Devonshire. Toutefois, aucune objection n'est faite par le propriétaire, lorsque le fermier ne chaule qu'à raison de 55 hectolitres tous les cinq ans, s'il prouve qu'il a acheté des engrais commerciaux pour le montant qui a été épargné dans le chaulage opéré à une dose plus faible que ne stipule le bail.

Dans le pays de Galles où la chaux s'obtient facilement, on considère que la dose de 90 hectolitres par hectare dans les terres légères et de 150 à 180 hectolitres pour les terres fortes, appliquée à chaque sole de tête, est suffisante. Vœlcker complète ces renseignements par les doses de chaux employées dans d'autres comtés les mieux cultivés :

	DOSAGE par hectare.	DURÉE du chaulage.	DOSAGE par année.	SOLES du chaulage.
	Hectol.	Années.	Hectol.	
Roxburg (Écosse)	180	19	9,47	Les jachères.
Ayr, Kyle (Écosse)	35	5	7,00	Les jachères ou les prés.
Stirling (Carse) [Écosse]	45	6	7,50	Id.
Durham sud (Angleterre)	81	12	6,75	Id.
Worcester (Angleterre)	63	6 ou 8	7,87 à 10,50	Avant prairie ou lentilles.

Il ressort de ces données que le chaulage correspond, pour les comtés ci-dessus, à une dose moyenne de 7 à 10 hectolitres de chaux par hectare et par an. Cette dose peut évidemment être augmentée dans les terres argileuses compactes ou tourbeuses ; mais elle devra être diminuée dans les sols légers.

Certains cultivateurs préfèrent appliquer de fortes doses de chaux d'un coup, et d'autres, de petites doses, plusieurs fois renouvelées. Dans le premier cas, quand il s'agit de terres chargées de matière végétale ou privées de calcaire, la pratique est justifiable, car il importe de modifier brusquement la composition physique et chimique du sol. Dans le second cas, la terre étant en bon état, il vaut mieux chauler à raison de 7 hectolitres tous les ans, pour maintenir le sol en condition de fertilité. De toutes manières, il y a lieu de tenir compte des observations pratiques suivantes. La chaux ayant la tendance bien constatée de graviter chaque année plus profondément, c'est-à-dire de gagner le sous-sol, hors de portée des racines, aussi bien dans les terres fortes, bien qu'à un moindre degré, que dans les terres légères, l'application doit se faire superficiellement autant que possible. Les fortes pluies qui entraînent la chaux, la dissolvent en partie ; de façon que les sols mal drainés exigent plus souvent le chaulage que ceux bien drainés. Enfin, la rotation, suivant qu'elle comporte des cultures avides ou non de chaux, doit influer sur l'importance de la dose et sur son renouvellement.

Vœlcker condamne, quoi qu'il en soit, la pratique du chaulage sans addition d'autres substances fertilisantes, car on risque, en n'apportant qu'un élément au sol, de le dépouiller d'autres éléments qui ne sont pas en excès, ou bien, que la plante n'ait pas assez de temps pour les mettre à profit. L'emploi de la chaux associée au fumier frais est recommandable au contraire, en ce que l'action du fumier est augmentée. De toutes manières, il est préférable de recourir à la chaux par petites quantités à la fois, en répétant l'opération, plutôt que d'employer 400 à 500 kilogr. à l'hectare d'un coup, même en mélange avec du fumier[1].

L'emploi de la chaux dans les sols granitiques, propres à la culture

1. *The composition of fertile and barren soils ; Four lectures,* 1857. p. 60.

du trèfle, a d'utiles effets, en ce que la chaux décompose le feldspath qui, avec le silex et le mica, constitue le granit et met en liberté la potasse dont le trèfle ne peut se passer.

Dans l'ouest de l'Angleterre, le chaulage est employé principalement pour amender les sols argileux, tourbeux ou marécageux, et légers ou sablonneux. Vœlcker a soumis à l'analyse un certain nombre d'échantillons de ces diverses variétés de terres, pour chercher à établir dans chacun des cas l'action particulière de la chaux.

Toutes les terres argileuses des districts où dominent les roches de la formation du vieux grès rouge, s'améliorent notablement par le chaulage.

Le tableau XCI reproduit les analyses de plusieurs argiles rouges appartenant à cette formation, dans lesquelles le chaulage est pratiqué avec succès.

Les terres nos 1 et 2 provenant des environs de Honiton, constituées par de l'argile compacte, entremêlée de cailloux, se durcissant à l'air, à la façon des briques, et montrant des parcelles blanches de chaux laissées par les précédents chaulages, sont abondamment pourvues des matières minérales qu'exigent les récoltes ; sauf de chaux. On comprend dès lors que le chaulage peut s'y renouveler sans crainte.

De même, dans la terre n° 3, formée des argiles du vieux grès rouge aux environs de Torquay, la faible teneur en chaux justifie l'opération du chaulage réitéré.

Les sols argileux plus friables nos 4 et 5, provenant des environs de Bridgewater et de Wellington, renferment plus de sable que les précédents, mais aussi peu de chaux, et encore est-elle due pour le le n° 4 aux chaulages antérieurs.

Des deux terres nos 6 et 7 envoyées par M. Watson de Dorsely, près de Totnes, la première *a* appartenait à une pièce en bon état de fertilité, et la deuxième *b*, à une pièce en moins bon état par excès de culture ; toutes deux étant également appropriées aux céréales et aux racines. L'analyse indique pourtant que la terre *b* n° 7, plus épuisée, renferme environ 3 p. 100 de chaux, tandis que la terre *a* n° 6, qui en contient seulement 0.74, est fertile. C'est qu'en effet le n° 7 a été chaulé deux fois en 8 ans, tandis que le n° 7 a été

TABLEAU XCI. — Composition de sols argileux propres au chaulage.

	HEMBURY FORT HONITON.		Torquay.	Bridge-water.	Wel-lington.	TOTNES.		PAYS DE GALLES.			
	a.	*b.*				*a.*	*b.*	Tenby.	Nar-beth.	Nar-beth.	Llan-falteg.
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Analyse mécanique.											
Eau	2.68	3.34	»	1.15	1.27	14.90	11.68	»	»	»	»
Matières organiques et eau combinée	5.22	4.15	»	8.45	4.36	6.48	8.58	»	»	»	»
Chaux	2.42	2.71	»	2.47	0.92	0.74	2.98	»	»	»	»
Sable	32.55	22.19	»	43.50	58.08	53.70	58.90	»	»	»	»
Argile	57.13	67.61	»	44.43	35.37	24.18	17.86	»	»	»	»
	100.00	100.00	»	100.00	100.00	100.00	100.00	»	»	»	»
Analyse chimique.											
Eau	2.68	3.34	5.700	1.15	»	14.90	11.68	3.93	4.94	5.93	4.57
Matières organiques et eau combinée	5.22	4.15	6.820	8.45	»	6.48	8.58	5.23	7.65	7.53	9.30
Oxydes de fer et alumine	7.61	11.52	8.920	8.47	»	22.65	24.11	6.37	13.11	7.28	10.15
Acide phosphorique	»	»	»	»	»	»	(0.147)	»	»	»	»
Carbonate de chaux	2.42	2.71	2.580	2.47	»	0.74	2.98	8.07	0.93	1.10	1.30
Magnésie. Potasse et Soude.	1.74	1.36	0.249 0.471	1.04	»	1.01	1.45	0.93	0.19	0.35	1.39
Silice soluble	»	»	0.880	»	»	»	»	»	»	»	»
Matières siliceuses insolubles	80.33	76.92	74.380	77.62	»	54.22	51.20	75.47	73.18	77.81	73.29
	100.00	100.00	100.000	100.00	»	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

chaulé une seule fois en 10 ans ; ce qui prouverait que l'apport de chaux dans un sol qui en est suffisamment pourvu peut amener l'épuisement des éléments favorables au grain ; en effet, dans le sol n° 7, l'acide phosphorique spécialement dosé atteint seulement 0.147 p. 100.

Sur les terres argileuses, dans les formations granitiques et schisteuses qui couvrent le sol de la Cornouailles et du pays de Galles, le chaulage n'est pas moins efficace que dans celles du vieux grès rouge.

Le sol n° 8, de Penally, près de Tenby (pays de Galles), renfermant des fragments de schiste et de chaux, ne fournit de moyennes récoltes qu'à force de chaux, appelée, dans une couche arable épaisse seulement de 15 centimètres, à jouer plutôt un rôle de diviseur mécanique.

Sous le n° 9, le sol très compact de Lawhaden, près de Narbeth, soumis au chaulage passe pour fertile. Il en est de même du sol n° 10, des environs de Narbeth, qui donne d'excellents pâturages.

Le sol n° 11, extrait à Llanfalteg, dans le comté de Carmarthen, avait été chaulé en 1853, à raison de 12 tonnes de chaux par hectare ; en 1854, il avait produit 18 hectolitres de froment ; en 1855, de l'orge ; en 1856, de l'avoine. L'hiver de 1856, on l'avait fumé à raison de 12,000 kilogr. à l'hectare, pour le cultiver en 1857 en trèfle et avoine. Il n'y a pas lieu par conséquent d'être surpris de son état d'épuisement.

Dans les terres nouvellement défrichées, comme dans celles depuis longtemps en pâturage que l'on convertit en terres arables, la dose de chaux peut être très forte, depuis 150 hectolitres jusqu'à 250 hectolitres à l'hectare, suivant les conditions auxquelles on peut se procurer l'amendement.

Mais dans les terres tourbeuses, qui renferment jusqu'à 50 et 60 p. 100 de matière organique, il ne faut pas hésiter, pour obtenir une action favorable, décisive, de recourir aux plus fortes doses.

Dans le tableau XCII, Vœlcker donne la composition de trois sols chargés de matière organique, auxquels le chaulage doit s'appliquer de première nécessité. Le sol n° 1, de Shepton Mallet, est une argile tenace, de couleur foncée, se desséchant en mottes dures et fournie

de racines en voie de décomposition. Le sol n° 2, de Claverton, est aussi très tenace; la matière végétale y abonde et la chaux y est rare. Dans le n° 3, de Kingston Seymour, près de Congressbury, le sol marécageux, presque noir, exempt de pierres, se durcit à l'air en emprisonnant la matière végétale; le défaut de drainage indique que la chaux ne peut pas améliorer ce terrain d'une manière aussi efficace que les deux autres. La première condition pour que le chaulage ou le marnage réussisse sur de pareilles terres marécageuses, c'est qu'elles aient été préalablement drainées à fond et complètement.

TABLEAU XCII. — Composition de sols tourbeux et légers propres au chaulauge.

	SOLS TOURBEUX.			SOLS LÉGERS SABLEUX.		
	Shepton Mallet.	Claverton.	Congressbury.	Yatton.	Combe Sherborn.	Montacute.
Analyse mécanique.	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Eau	3.54	»	2.31	2.47	»	3.65
Matière organique et eau combinée	18.96	16.80	9.52	4.10	»	5.78
Chaux	2.18	0.75	1.59	1.92	»	1.48
Sable	23.53	32.66	35.51	75.45	»	53.30
Argile	51.79	49.79	51.07	16.06	»	35.79
	100.00	100.00	100.00	100.00	»	100.00
Analyse chimique.						
Eau	3.54	»	2.31	2.47	5.50	3.65
Matière organique et eau combinée	18.96	16.80	9.52	4.10		5.78
Oxydes de fer et alumine	13.05	16.08	12.90	5.58	2.83	8.01
Carbonate de chaux	2.18	0.75	1.59	1.92	0.40	1.48
— de magnésie	»	1.56	»	»	»	»
Magnésie et alcalis	0.52	0.45	1.08	0.73	0.77	1.28
Matière siliceuse insoluble	61.75	64.36	72.60	85.20	90.50	79.80
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Les terres légères, comme les terres fortes et tourbeuses, quand elles manquent de chaux, s'améliorent beaucoup par l'amendement calcaire; mais à cause de sa propension à gagner le sous-sol, la chaux y est utilement remplacée par la marne et les sables coquilliers. La marne a l'avantage, en effet, d'apporter non seulement la chaux, mais l'argile qui fait le plus souvent défaut, et de rester plus longtemps active dans la couche arable.

TABLEAU XCIII. — Composition de sols amendés par la chaux et le sable coquillier.

	CHAULAGE.				SABLE COQUILLIER.				
	LOAMS MARNEUX		ARGILES CALCAIRES		Argile	SOLS LÉGERS		Sol	Sol
	Long Sutton. 1.	Mendip. 2.	Glaston-bury. 3.	Glaston-bury. 4.	New-house. 5.	Halls. 6.	Well. 7.	moyen. Berry. 8.	pâturage. 9.
Analyse mécanique.									
Eau.	6.33	3.28	7.61	4.30	»	»	»	»	»
Matière organique et eau combinée	7.59	7.16	15.82	5.50	»	»	»	»	»
Chaux.	22.66	20.22	11.95	13 09	»	»	»	»	»
Sable	30.70	46.72	21.53	28.66	»	»	»	»	»
Argile.	32.72	22.62	43.09	48.45	»	»	»	»	»
	100.00	100.00	100.00	100.00	»	»	»	»	»
Analyse chimique.									
Eau.	6.33	3.28	7.61	4.30	1.68	4.217	»	1.10	»
Matière organique et eau combinée	7.59	7.16	15.82	5.50	5.87	12.163	7.90	5.77	11.84
Oxydes de fer et alumine	11.84	7.19	12.81	15.66	7.23	7.730	8.75	10.62	7.35
Carbonate de chaux	22.66	20.22	11.95	13.09	4.23	1.258	11.25	4.87	0.95
Magnésie et alcalis.	1.93	4.47	1.02	1.50	0.05	0.282	0.98	0.27	0.47
Matière siliceuse insoluble.	49.65	57.68	50.79	49.95	80.26	71.350	71.12	77.37	76.39
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.000	100.00	100.00	100.00

Le sol de Yatton, analysé sous le n° 4, tableau XCII, est sablonneux, d'aspect terne, renfermant quelques cailloux et des pierres jaspées. Bien qu'il ait été amendé, on constate que le chaulage ou le marnage périodique lui est indispensable. Dans le sol de Combe, près de Sherborn, n° 5, il n'y a presque pas de chaux et environ 90 p. 100 de sable siliceux. Dans un tel sol, la marne ou la chaux s'indiquent comme moyen d'amélioration, mais à la condition d'appliquer également du fumier de ferme, ou bien un mélange de guano, de phosphates et de sel marin, pour remédier au manque des autres éléments fertilisants.

Le sol de Montacute, n° 6, est de qualité bien supérieure aux deux précédents, car il consiste en un loam léger, pulvérulent, approprié aux turneps, montrant des traces d'amendement calcaire appliqué antérieurement, mais qui nécessite un chaulage périodique, à cause de sa faible teneur en chaux.

Les terres légères, il importe de le rappeler, ne peuvent gagner à l'amendement calcaire qui produit tout d'abord de remarquables effets, que s'il est accompagné d'autres engrais.

Certains sols, qui contiennent seulement de 1, 5 à 2 p. 100 de chaux, sont excellents et gardent leur fertilité sans qu'on les chaule. On ne peut donc pas dire d'une manière générale qu'en deçà d'une teneur de 4 p. 100 de chaux, il y a intérêt à appliquer au sol un amendement calcaire ; l'expérience est le seul guide à cet endroit ; bien qu'il semble superflu, en se basant sur l'expérience même, de renouveler la chaux quand le sol en renferme encore, d'après l'analyse, de 1, 5 à 2 p. 100.

C'est le cas pour quelques terres soumises par Vœlcker à l'analyse, et notamment pour les suivantes :

N°s 1 et 2, tableau XCIII, deux loams marneux : celui de Long Sutton, n° 1, renfermant encore des fragments de chaux qui indiquaient un chaulage récent, et des pierres calcaires grises probablement fournies par le lias ou l'oolithe ; et celui de Mendip, n° 2, de couleur rouge, également chaulé de récente date, contenant des morceaux de chaux éteinte et de calcaires cristallins ;

N°s 3 et 4, deux argiles calcaires, tenaces, provenant de Glastonbury ; le n° 3, de couleur foncée, chargé de matière végétale, con-

tenant des coquilles et des petits cailloux calcaires, et recouvert de pâturages à propriétés laxatives pour le bétail, à l'arrière-saison ; le nº 4, de couleur rouge, moins riche en matière végétale que le précédent, après avoir été primitivement chaulé à fond, en pâturage de bonne qualité. Il est certain, d'après cela, que la chaux ne suffit pas pour détruire les effets laxatifs de certaines terres[1], puisque dans le sol nº 3, renfermant près de 12 p. 100 de chaux, ces effets se produisent, probablement faute de drainage suffisant ; et qu'il peut y avoir excès de matière organique dans certains sols pourvus abondamment de chaux.

Aucune des quatre terres ci-dessus n'exigeant d'amendement calcaire, la dépense s'est faite, par conséquent, en pure perte.

G. — *Emploi du sable coquillier.*

Le sable coquillier est le plus souvent employé avec profit comme amendement, dans les sols appartenant aux formations schisteuses et granitiques qui manquent de chaux, le long de la côte des Cornouailles et du Devonshire. Il est clair qu'en l'appliquant à hautes doses et à doses répétées, on n'obtient pas la même action fertilisante que lors de la première opération, puisque c'est à la chaux presque exclusivement, que le sable doit sa vertu fertilisante, et que la chaux ne tient pas place des autres éléments faisant défaut dans le sol. Vœlcker a examiné à ce point de vue divers échantillons de terres provenant des environs de Bude.

Le sol nº 5 (tableau XCIII), extrait à Newhouse, représente la moyenne des terres argileuses du district ; couche arable 0m,30 reposant sur l'argile jaune. Amendé par le sable depuis 5 ans, il renferme encore environ 5 p. 100 de chaux ; une nouvelle opération ne pourrait avoir d'autre objet que de diviser le sol mécaniquement.

Le sol nº 6, de Halls, est léger, pierreux, et repose sur une roche poreuse ; couche arable 0m,15. Il est resté 30 ans en lande d'ajonc, et ne peut qu'être très amélioré par le sable marin.

Le sol nº 7, de Well, bien que léger et dépourvu de chaux natu-

---

1. Voir § 5. Terres laxatives au Somerset, livre I.

relle, a été soumis pendant des années, au sablage périodique, de trois en trois ans ; l'accumulation de chaux qui résulte de cette pratique en condamne la continuation.

Le sol n° 8, provenant de Berry Park et représentant un échantillon moyen des terres en bon état de culture du district, repose sur une roche poreuse ; couche arable, $0^{m},20$; bien qu'on ne l'ait pas sablé depuis 10 ans, il renferme encore près de 5 p. 100 de carbonate de chaux. Cet exemple justifie la durée d'action du sable marin dans les sols bien cultivés.

Enfin, le sol n° 9 a été prélevé sur un pâturage qui avait été, cinquante ans auparavant, irrigué avec succès ; la dose de chaux y est devenue très faible, et l'amendement par le sable serait suivi de bon effet.

On peut aisément conclure de ces analyses que les mêmes principes doivent guider le cultivateur, qu'il s'agisse d'amender par la chaux, la marne ou le sable coquillier, en tenant compte spécialement, dans l'emploi du sable, du rôle mécanique qu'il joue pour l'ameublissement du sol.

II. — *Écobuage.*

Malgré le succès de l'écobuage usité de date très ancienne dans presque toutes les régions de l'Europe, et depuis près de deux siècles, dans divers districts de l'Angleterre, notamment dans celui des Cotswold, cette pratique, non moins que celles du drainage profond, du sous-solage, des engrais phosphatés, etc., a été l'objet de longues et sérieuses discussions de la part des agronomes. D'un côté, les témoignages incontestables des agriculteurs constatent les avantages du brûlis des terres, au point de vue de l'amélioration et de l'enrichissement du sol ; de l'autre côté, l'écobuage, envisagé comme une routine, est condamné à cause de la dépense inutile qu'il implique et de son inconsistance avec les principes scientifiques.

Les objections principales formulées contre l'écobuage n'ont plus aujourd'hui l'intérêt que Vœlcker leur attribuait avant d'avoir analysé les sols écobués et les cendres résultant de l'opération [1]. Il importe

1. *On paring and burning.* Décembre 1857.

peu, à l'heure actuelle, de savoir que l'écobuage est condamnable parce qu'il détruit en pure perte les matières organiques accumulées dans le sol et à sa surface; qu'il est inutile, puisque après deux ou trois bonnes récoltes obtenues sur les terres écobuées, l'appauvrissement est tel qu'il faut dépenser plus d'argent pour les remettre en état qu'on en a retiré de l'excédent de production; enfin, qu'il y a plus de bénéfice à fumer à l'aide de guano, de superphosphate ou d'autres engrais commerciaux qu'à brûler les terres. Les écrits de Liebig ont depuis lors prouvé que les substances minérales, suivant la composition des sols, peuvent exercer une action bien plus utile que les substances organiques, et que leur absence ou leur rareté équivaut, quand il s'agit de matières minérales essentielles, à la stérilité. Il est hors de doute que dans bien des sols, sablonneux ou dépourvus d'argile, l'écobuage consistant à détruire l'humus n'a pas de raison d'être; mais dans les terres argileuses, humides ou imperméables, l'humus est inerte, et c'est en le brûlant qu'on augmente la solubilité d'éléments inorganiques efficaces. Du reste, il n'y a pas que l'humus qui jouisse de la propriété d'absorber l'eau et l'ammoniaque de l'atmosphère. L'argile brûlée possède également cette propriété à un haut degré et sous ce rapport, il importe peu que les matières organiques renfermées dans l'argile naturelle aient disparu pour laisser des cendres solubles.

Quant à l'objection qu'après quelques bonnes récoltes dues à l'écobuage, la terre est épuisée et exige plus de sacrifices pour être remise en état qu'il n'y a eu d'avantages recueillis dans l'opération, elle ne serait valable que si l'écobuage s'appliquait en vue de la culture des céréales dont le grain et la paille s'exportent hors de la ferme. Mais comme, dans la pratique anglaise, il précède le plus souvent une récolte de racines ou de fourrages verts que consomment les moutons sur place, il n'y a aucune perte de substances minérales, et, de plus, les parties organiques des turneps, des raves, du colza, des légumineuses fourragères empruntées à l'atmosphère, retournent au sol par les excréments des animaux, de façon à pourvoir amplement aux besoins de la céréale suivante.

La dernière objection de la dépense en pure perte, à laquelle entraîne l'écobuage, est une objection toute pratique à laquelle les

intéressés ont maintes fois répondu en citant les résultats économiques qu'ils ont obtenus et qui se poursuivent de longue date, d'une manière constante. L'opinion exprimée par M. Caird, que dans les Wolds les meilleurs fermiers sont ceux qui écobuent le plus souvent, n'a point été contredite. Reste la question que Vœlcker a examinée à fond, touchant l'accord de cette pratique avec la science.

L'écobuage exerce une double action : premièrement sur les matières organiques, et deuxièmement sur les matières minérales du sol soumis à la combustion.

Matières organiques. — Tous les sols cultivés renferment de la matière organique, en plus ou moins grande quantité, sous forme de racines, de tiges, de feuilles, d'herbes décomposées, ou en voie de décomposition. Dans les terrains imparfaitement drainés et naturellement compacts, les détritus organiques augmentent rapidement chaque année, tandis que dans les terrains légers, perméables ou bien drainés, les débris ne s'accumulent pas au même degré, par suite de l'accès de l'air dans la couche végétale.

Il s'ensuit que dans certaines terres arables à sous-sol imperméable, tel que l'argile de l'oolithe moyenne et inférieure (*oxford* et *forest-marble*); dans les terres argileuses gazonnées en pâturage permanent ou en prairies artificielles, après deux années de trèfle ou de sainfoin, il y a abondance de matière organique décomposée, et aussi, de racines, de mauvaises herbes, de chiendent, d'orties, etc., qui peuvent être extirpés et ramassés à la surface en quantité suffisante pour brûler les mottes ou plaques gazonnées de la croûte du sol, sans addition d'autre combustible. Par la combustion, la partie organique de ces détritus est en grande partie détruite, et les substances minérales ou salines provenant des cendres des végétaux sont mélangées avec l'argile et les matières minérales du sol, plus ou moins modifiées par la chaleur de la combustion.

Vœlcker a donné des cendres laissées par les végétaux dans le procédé d'écobuage, deux analyses (tableau XCIV) ; l'une se rapportant au chardon rampant (*Carduus acaulis*) et l'autre au chiendent, qui infestent tous deux les terres argilo-calcaires et pierreuses des Cotswolds. Le chardon renfermait de 74 à 75 p. 100 d'eau et de 25 à 26 p. 100 de matière sèche, abandonnant 9.66 p. 100 de cendres.

Le chiendent a donné une cendre légèrement colorée en rouge par l'oxyde de fer provenant de l'argile adhérente aux racines.

TABLEAU XCIV. — Composition des cendres du chardon et du chiendent.

	CHARDON (*Carduus acaulis.*)	CHIENDENT.
Potasse	27.40	10.02
Chlorure de potassium		»
Soude	»	5.69
Chlorure de sodium	0.90	3.34
Chaux	41.44	5.58
Magnésie	4.40	0.04
Oxydes de fer et alumine	2.01	12.40
Acide phosphorique	5.36	9.38
Acide sulfurique	2.92	5.33
Silice soluble	3.50	24.92
Matière siliceuse insoluble (sable)		17.50
Acide carbonique et perte	12.07	5.80
	100.00	100.00

La chaux forme l'élément principal des cendres du chardon ; ce qui explique la croissance abondante de ce végétal dans la formation calcaire du comté de Gloucester. Elles renferment en outre une forte dose de sels de potasse et une quantité appréciable d'acide phosphorique, outre de l'acide sulfurique et de la silice soluble.

Les cendres du chiendent diffèrent par leur composition de celles du chardon, en ce que la silice soluble en forme l'élément principal ; ce qui explique sa présence aussi bien dans les sols sablonneux que dans les sols calcaires et argileux où la silice est à l'état de silicates alcalins. La chaux et la potasse y sont en moindre proportion, mais l'acide phosphorique y est largement représenté, et c'est à cet acide des cendres du chiendent que les cultivateurs pratiquant l'écobuage attribuent la bonne récolte de turneps suivant l'opération. Vœlcker a constaté qu'en effet une bien plus grande quantité de phosphate de chaux est mise à la disposition des racines par les

cendres rouges résultant de l'écobuage, que par une grosse fumure avec poudre d'os.

Quelques différences que présente la composition des cendres des diverses plantes soumises à la combustion sous le rapport du phosphate de chaux, de la potasse, de la silice, etc., il y a lieu de remarquer que ces éléments fertilisants répandus dans la masse de la couche arable, seraient, sans l'écobuage, de peu d'utilité pour des récoltes comme celle des turneps qui demeurent seulement quatre ou cinq mois en terre. Plus la période de végétation est courte, plus il devient nécessaire de fournir à la couche où gravitent les racines, la plus grande masse des substances minérales fertilisantes ; c'est ce qui justifie l'application de la poudre d'os et des phosphates acides, comme aussi des cendres d'écobuage, à la surface des sols argileux ou gazonnés, tourbeux ou humides, dont on veut augmenter la fertilité.

Si les racines du chiendent, comme celles du trèfle et des autres plantes adventices ou cultivées, étaient laissées dans la couche arable pour y subir lentement la décomposition à laquelle sont soumis les organes de tous les végétaux, les résultats ne sauraient être les mêmes, et en tous cas, aussi promptement réalisés qu'avec les cendres de ces mêmes racines dans lesquelles les éléments minéraux et salins, amenés à l'état soluble, sont d'une utilisation immédiate. Faut-il ajouter que, dans les terres où la pratique de l'écobuage se poursuit avec succès, l'argile compacte et imperméable, n'admettant pas le libre accès de l'air, retarde la décomposition des détritus végétaux et par l'accumulation qui s'opère, la végétation ne tarde pas à souffrir de l'excès de matières organiques. Enfin, le feu qui détruit les insectes, leurs larves et leurs œufs, aussi bien que les graines, les rejetons des plantes parasites, est le meilleur moyen de nettoyer la terre à fond, quand elle est sujette à l'encrassement par les mauvaises herbes.

Matières minérales. — La chaleur développée par la combustion des débris organiques du sol superficiel, produit sur les parties minérales des modifications mécaniques et chimiques.

Par la chaleur, l'argile onctueuse, adhésive, imperméable, et par cela même froide et d'un travail difficile, perd en partie ces incon-

vénients en acquérant de la friabilité et de la porosité; mais ce changement physique, quoique très important, ne suffit pas, comme on l'a vu au sujet de l'argile brûlée, pour expliquer son action fertilisante. La chaleur augmente la solubilité de certains éléments constitutifs de l'argile et notamment de la potasse, qui contribue principalement à l'augmentation des récoltes.

Vœlcker a confirmé ses conclusions quant au brûlis de l'argile, sur trois échantillons de sol soumis à l'écobuage, le premier provenant de la ferme de Chesterton, le second des environs de Cirencester, et le troisième de la ferme attenant au collège royal agricole de Cirencester. Les analyses de ces trois sols et des cendres recueillies après l'écobuage sur les deux derniers, en plein champ, figurent dans le tableau XCV.

TABLEAU XCV. — Composition de sols propres à l'écobuage et de cendres d'écobuage.

	ARGILE de Chesterton.	SOL PIERREUX ARGILO-CALCAIRE de la ferme du collège agricole.		SOL ARGILEUX-COMPACT des environs de Cirencester.	
		Naturel.	Cendres d'écobuage.	Naturel.	Cendres d'écobuage.
	1.	2.	3.	4.	5.
Eau	2.37	5.981	1.18	0.93	9.12
Matière organique et eau combinée	5.38	13.217	3.32	10.67	
Oxydes de fer et alumine	19.33	12.954	18.42	13.40	14.56
Chaux à l'état de carbonate	31.38	7.578	8.83	23.90	17.17
— — de sulfate	»	0.431	1.15		1.73
Magnésie à l'état de carbonate	2.04	1.414	1.76	1.10	0.40
— — de silicate	1.52	»		»	
Acide phosphorique	»	Traces.	0.71	Traces.	1.84
Potasse à l'état soluble	0.35	0.520	1.08	0.38	1.44
— à l'état de silicate	1.29				
Chlorure de potassium	»	»	»	»	0.32
Soude	0.18	0.122	»	0.13	»
Chlorure de sodium	»	»	1.03	»	0.08
Silice à l'état soluble	36.16	»	»	»	8.70
— — insoluble		57.092	62.52	49.66	41.64
Perte	»	0.691	»	»	»
	100.00	100.000	100.00	100.17	100.00

L'argile de Chesterton, n° 1, comme la plupart des argiles calcaires des environs de Cirencester, renferme peu de sable. La plus grande partie de la potasse s'y trouve à l'état de silicate, mais comme elle contient beaucoup de chaux, la réaction s'opère à la température voulue, qui met la potasse en liberté et produit du silicate de chaux. A l'état naturel, cette argile dosait 0.35 de potasse soluble dans les acides faibles, et après combustion 0.79 p. 100.

La potasse n'est pas seule rendue soluble par le brûlement de l'argile, comme le démontrent les essais suivants :

	ÉTAT NATUREL.		BRULÉE modérément.		BRULÉE plus fortement.
	1.	2.	1.	2.	1.
Matière insoluble dans les acides faibles.	56.30	55.17	50.90	52.31	46.20
— soluble —	43.70[1]	44.83	49.10[1]	47.69	53.80
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant potasse.	0.35	»	0.77	»	»

Le degré de chaleur règle la solubilité; mais encore importe-t-il qu'il soit suffisant pour que la réaction se produise. Si on le dépasse, on diminue la solubilité. Les praticiens ont donc raison de recommander une combustion étouffée, au risque de produire un peu de charbon, car elle empêche la température de la flamme d'agir d'une manière intense sur les tas d'argile, et la matière charbonneuse, facile à réduire en poudre, qui en résulte, est plus soluble que si elle avait été obtenue par un feu plus ardent.

Le sol argileux de Chesterton, après avoir été longtemps en pâturage de mauvaise qualité, avait été drainé, puis écobué, et, sans addition d'engrais, il avait fourni une récolte d'avoine, puis une récolte de fèves et trois récoltes de froment. L'avoine et les fèves s'étaient fait remarquer par l'abondance de la paille, et le froment, avec un rendement également abondant en paille, bien que se succédant deux années de suite, avait fourni 36 hectolitres de grain à l'hectare.

Le sol de la ferme attenant au collège de Cirencester n'est pas moins approprié à l'écobuage que celui de Chesterton. La pièce sur laquelle l'échantillon n° 2 a été prélevé avait été cultivée en sainfoin avec un médiocre résultat; c'est pourquoi on s'était décidé à l'écobuer.

L'épaisseur de la couche arable, réduite entre 8 et 15 centimètres, est encore diminuée par les pierres calcaires dont le sol est parsemé. C'est le type des terrains pierreux qu'offre le district des Cotswolds. Bien que passant pour un sol léger, il ne contient pas de sable, et la partie pulvérulente consiste en grande partie en argile. A cause de son imperméabilité, ce sol accumule rapidement les matières organiques.

L'analyse mécanique donne le classement suivant :

Grosses pierres	8.88
Pierres sur tamis de 0m,012	3.90
— — de 0 ,006	28.75
Terre — de 0 ,003	24.52
— — de 0 ,0016	26.72
— — de 0 ,0008	4.90
— fine ayant traversé 0m,0008	2.33
	100.00

Ce sont les cinq dernières catégories qui, mélangées et pulvérisées, ont servi à l'analyse n° 2.

La saison étant favorable pour l'écobuage, on procéda à l'opération par tas, suivant la coutume ; chaque tas bien couvert a donné en moyenne, après 6 ou 8 jours de feu, 110 litres de cendres rouges. A raison de 360 tas par hectare, le rendement en cendres pouvait s'évaluer entre 35 et 40 tonnes ; ce qui, en déduisant l'eau dosée immédiatement après l'opération, représentait 30 tonnes de cendres sèches à 100° C.

L'échantillon de ces cendres, analysé sous le n° 3 (tableau XCV), avait une couleur rouge foncé, sale, due à l'oxyde de fer et au charbon. La proportion d'acide phosphorique y est élevée, eu égard à celle que renferme le sol, et les alcalis, notamment la potasse à l'état soluble, y sont largement représentés. La matière siliceuse insoluble, formée principalement d'argile brûlée, renferme beaucoup de potasse insoluble dans l'eau, mais comme l'argile brûlée se laisse facilement pénétrer par l'air atmosphérique, une partie de cette potasse doit être rendue assimilable pour les besoins de la végétation.

Le calcul de l'acide phosphorique, à raison de 0.71 p. 100 dans

les cendres, montre que par hectare les 30 tonnes de cendres obtenues renfermaient 206 kilogr. d'acide phosphorique, correspondant à 446 kilogr. de phosphate de chaux, c'est-à-dire autant que 7 hectolitres de poudre d'os du commerce en contiennent. On s'explique d'après cela l'accroissement du produit des racines et les meilleures récoltes dues à l'écobuage par rapport au fumier ou à tous autres engrais commerciaux. C'est là une fumure de phosphate, sans compter la potasse et les éléments fertilisants accessoires, qu'aucun fermier ne songerait à appliquer à un terrain si pauvre, en dépensant 150 fr. par hectare pour de la poudre d'os.

La terre analysée sous le n° 4, provenant des environs de Cirencester et mieux appropriée encore à l'écobuage, présentait une couche arable bien plus épaisse, exempte de pierres, très adhésive et difficile à cultiver. Le sous-sol appartenant à la glaise oolithique (*forest marble*) maintenait le sol à l'état humide, bien qu'il fût drainé. Cette terre forte, de même que la terre légère du collège agricole, renferme une proportion plus que moyenne de matière organique et d'argile qui jouit à un haut degré de la propriété d'absorber l'ammoniaque et l'eau atmosphériques.

A l'encontre des résultats obtenus par l'écobuage du sol sec n° 2, pratiqué en temps sec, et qui a fourni une grande quantité d'argile brûlée, les cendres du sol humide n° 4, écobué par un temps humide, sont bien moins abondantes, mais plus riches en principes fertilisants.

Ainsi, d'après leur teneur en potasse et en acide phosphorique, les cendres (n° 5, tableau XCV) représentent une valeur plus que double de celle des cendres n° 3; elles renferment moins d'argile brûlée et, par conséquent, plus d'alcali et de phosphate; en même temps, plus de carbonate de chaux.

Tandis que le produit de l'écobuage du sol n° 2 représente de l'argile brûlée mêlée de cendres végétales, celui du sol n° 4 représente des cendres végétales additionnées d'argile brûlée.

Vœlcker résume comme il suit les diverses circonstances dans lesquelles l'écobuage est avantageusement pratiqué :

1. Dans les terres appropriées à l'écobuage (la plupart imperméables et trop riches en matière végétale inerte), la destruction de

la matière organique n'offre aucun inconvénient à cause de la grande quantité d'argile qui, comme la matière organique, jouit de la propriété d'absorber l'eau et les gaz atmosphériques.

2. La matière végétale inerte est convertie par l'écobuage en un engrais minéral des plus efficaces pour les turneps et les racines en général.

3. L'écobuage améliore matériellement la condition physique des terres imperméables, en les rendant plus poreuses et pulvérulentes.

4. Il facilite également des modifications très importantes dans la constitution chimique du sol.

5. Il met à portée des racines une masse de nourriture minérale assimilable par les cendres distribuées de nouveau dans la couche arable.

6. Les cendres ont d'autant plus d'effet sur les turneps et les fourrages verts qu'elles renferment plus de phosphate et de potasse.

7. L'écobuage n'est praticable avec succès que sur les terres contenant de l'argile; sur les terres sablonneuses, il est à éviter.

8. L'amélioration apportée par l'écobuage à la culture des crucifères est plus manifeste que celle due au guano, au superphosphate et aux autres engrais du commerce.

9. Sur un sol de mince épaisseur, susceptible de fournir beaucoup de cendres, il faut se garder de fumer avec du fumier, du guano et surtout à l'aide de tous engrais ammoniacaux.

10. L'écobuage fournit le moyen le plus économique d'obtenir une grosse récolte de turneps sur un terrain pauvre.

11. Loin de constituer une pratique ancienne à abandonner, l'écobuage est justifié par les données de la chimie dans les avantages qu'il procure.

II. — Engrais organiques.

Les engrais organiques naturels qui ont fait l'objet des recherches de Vœlcker, comprennent le fumier de ferme et les purins, l'engrais liquide, les eaux d'égout (*sewage*), les engrais extraits du sewage, les engrais de vidange ou poudrettes, les guanos du Pérou et

d'autres provenances, le guano de chauve-souris, etc. Nous décrirons successivement les travaux analytiques auxquels ils ont donné lieu.

A. — *Fumier de ferme.*

Le fumier de ferme est, par excellence, l'engrais complet et universel. Il est universel, parce qu'il renferme tous les éléments qu'exigent nos récoltes pour atteindre leur plein développement, et s'adapte à presque toutes les productions du sol. Sous le rapport des éléments fertilisants inorganiques, il contient de la potasse, de la soude, de la chaux, de la magnésie, de l'oxyde de fer, de la silice, des acides phosphorique, sulfurique, chlorhydrique et carbonique ; en somme, tous les corps sans exception qui constituent les cendres des récoltes. Comme substances fertilisantes organiques, le fumier en renferme de solubles dans l'eau, qui sont très azotées, et d'autres insolubles, moins riches en azote; les unes abandonnent facilement leur ammoniaque et les autres donnent lieu à la formation d'acides humiques et autres composés similaires qui constituent la masse de substances végétales noires, connues sous le nom d'humus.

Le fumier est un engrais complet, car, aussi bien que l'expérience, l'analyse chimique démontre que les principes fertilisants s'y trouvent à l'état de combinaison le plus favorable au développement des plantes cultivées. Le nombre des composés chimiques est tel, et leur état de combinaison y est si varié, eu égard à celui indiqué par l'analyse, étant donné l'état imparfait de nos connaissances, qu'il est impossible de produire un engrais concentré, universel et complet qui puisse tenir lieu et place du fumier de ferme. A ne considérer que l'azote, le fumier frais contient des composés ammoniacaux volatils, des sels ammoniacaux, des matières organiques azotées, solubles et insolubles, c'est-à-dire l'azote sous quatre états différents; ce qui fait qu'une composition aussi complexe n'est pas imitable.

Enfin, le fumier exerce une action mécanique, par la division et l'ameublissement du sol, ce qui ajoute beaucoup à sa valeur fertilisante, surtout lorsqu'on doit l'appliquer à des terres argileuses compactes.

Dans la recherche des modifications que subit le fumier, suivant qu'on le garde en tas à l'air libre, ou à l'abri, ou répandu en litière dans les cours à découvert de la ferme, une première difficulté se présente, celle de se procurer un spécimen de fumier assez homogène pour pouvoir servir de type dans les essais ultérieurs. Dans ce but, Vœlcker employa deux ouvriers à retourner, pendant une journée, une masse de fumier frais provenant de la litière donnée aux chevaux, aux vaches et aux porcs de la ferme de Cirencester, de façon à obtenir un mélange aussi parfait que possible de la paille et des déjections. Pour le fumier consommé qui séjournait depuis six mois environ dans la fosse, le spécimen-type fut préparé de la même manière; ce fumier, bien fermenté, était de couleur brune foncée, presque à l'état de beurre noir, comme on dit en langage agricole.

Les méthodes d'analyses décrites par Vœlcker dans l'appendice à son Mémoire sur le fumier de ferme[1], n'offrent rien de spécial; les dosages d'azote ont eu lieu d'après le procédé Peligot, et ceux des cendres, d'après les procédés de Wœhler (Manuel d'analyse inorganique); nous les avons pourtant résumées à la fin de ce même livre, § VI; valeur des engrais.

a. — Fumier frais normal.

Le fumier de ferme frais, soumis comme type à l'analyse, consistait en litière de paille ayant absorbé les déjections des animaux; il comprenait deux tiers d'eau et un tiers de matière sèche. Charrié depuis quatorze jours seulement dans la fosse, le fumier, comme il n'avait pas plu pendant ce temps, ne renfermait comme eau que l'urine et l'humidité due aux excréments et à la paille. La quantité de litière influe nécessairement sur la composition du fumier et principalement sur son degré d'humidité; mais Vœlcker pense qu'en général le fumier frais, obtenu à l'aide d'une bonne litière et conservé à l'abri de la pluie, ne contient guère au delà de deux tiers de son poids d'eau.

L'examen de l'analyse (tableau XCVI) donne lieu aux remarques suivantes :

1. *On the composition of farmyard manure and the changes which it undergoes...* London, 1856.

TABLEAU XCVI. — Composition du fumier de ferme frais et du fumier consommé.

	FUMIER FRAIS.				FUMIER CONSOMMÉ.			
	État naturel. 1.		État sec. 2.		État naturel. 3.		État sec. 4.	
Dates des analyses	3 novembre 1854				5 décembre 1851			
Eau		66.17		»		75.42		»
[1] Matière organique soluble		2.48		7.33		3.71		15.09
Matière inorganique soluble (cendres).								
Silice soluble	0.237		0.703		0.254		1.035	
Phosphate de chaux	0.299		0.881		0.382		1.554	
Chaux	0.066		0.185		0.117		0.476	
Magnésie	0.011		0.033		0.047		0.193	
Potasse	0.573	1.51	1.695	4.55	0.446	1.47	1.816	5.98
Soude	0.051		0.153		0.023		0.140	
Chlorure de sodium	0.030		0.089		0.037		0.151	
Acide sulfurique	0.055		0.035		0.058		0.235	
Acide carbonique et perte	0.218		0.722		0.106		0.380	
[2] Matière organique insoluble		25.76		76.15		12.82		52.15
Matière inorganique insoluble (cendres).								
Silice soluble	0.967		2.865		1.424		5.79	
Silice insoluble	0.561		1.659		1.010		4.11	
Oxydes de fer, alumine avec phosphate	0.596		1.404		0.947		3.85	
Contenant acide phosphorique	(0.178)		(0.538)		(0.274)		(1.11)	
Chaux	1.120	4.05	3.335	11.97	1.667	6.58	6.78	26.78
Magnésie	0.143		0.424		0.091		0.37	
Potasse	0.099		0.294		0.045		0.18	
Soude	0.019		0.077		0.038		0.15	
Acide sulfurique	0.061		0.210		0.063		0,29	
Acide carbonique et perte	0.484		1.722		1.295		5.26	
		100.00		100.00		100.00		100.00
1. Contenant azote	0.149		0.44		0.297		1.21	
Égal à ammoniaque		0.181		0.53		0.360		1.47
2. Contenant azote	0.491		1.46		0.309		1.26	
Égal à ammoniaque		0.599		1.77		0.375		1.53
Azote total	0.613		1.90		0.606		2.47	
Ammoniaque total		0.780		2.30		0.735		3.00
Ammoniaque à l'état libre	0.034		0.10		0.046		0.189	
— — de sels	0.088		0.26		0.057		0.232	

a) La proportion des matières organiques et minérales solubles est faible ; ce qui explique l'action lente du fumier frais, par rapport au fumier consommé ;

b) La proportion des matières insolubles et notamment des matières organiques est au contraire très élevée ; c'est la paille qui en forme la plus grande partie ;

c) Le fumier frais renferme seulement des traces d'ammoniaque à l'état volatil, et à peine à l'état de sels ammoniacaux ;

d) La teneur totale en azote, dans la partie soluble du fumier frais, est insignifiante. C'est au fur et à mesure de la décomposition du fumier que l'azote contenu dans la partie insoluble est mis en liberté ;

e) A poids égal, il y a trois fois plus d'azote dans les matières organiques solubles que dans les matières organiques insolubles, ainsi :

100 de matières	organiques	solubles	renferment	6.04	d'azote.
100	—	—	insolubles	—	1.92	—

f) Les éléments minéraux du fumier frais représentent sans exception ceux que l'on trouve dans les cendres des plantes cultivées ;

g) La composition des matières minérales solubles et des mêmes matières insolubles n'offre pas de différences essentielles sous le rapport qualitatif ; mais, comme quantité, les différences sont remarquables (tableau XCVII) ;

h) Ainsi, au point de vue qualitatif, les cendres solubles du fumier frais contiennent principalement de la potasse à l'état de carbonate et de silicate ;

i) La forte proportion de silice soluble dans les cendres solubles et insolubles est digne de remarque. Dans la cendre soluble, elle est combinée surtout avec la potasse et, probablement aussi, avec la soude ; dans la cendre insoluble, elle est ou combinée avec la chaux, ou à un état de division tel qu'elle est facilement dissoute par la potasse caustique diluée ;

j) Le silicate de potasse est l'élément dominant dans la cendre soluble du fumier frais ;

k) La chaux est l'élément principal de la cendre insoluble ;

TABLEAU XCVII. — Composition pour 100 des cendres du fumier frais et du fumier consommé.

	Cendres du fumier frais.			Cendres du fumier consommé.		
	Solubles dans l'eau.	Insolubles dans l'eau.	Total.	Solubles dans l'eau.	Insolubles dans l'eau.	Total.
Dates des analyses	3 novembre 1851.			5 décembre 1851.		
Silice soluble	4.25	17.31	21.59	3.16	17.69	20.85
Silice insoluble (sable)	»	10.04	10.04	»	12.54	12.54
Phosphate de chaux	5.35	»	5.35	4.75	»	4.75
Oxydes de fer et alumine avec phosphates	»	8.47	8.47	»	11.76	11.76
— contenant acide phosphorique	»	(3.18)	(3.18)	»	(3.40)	(3.40)
Chaux	1.10	20.21	21.31	1.44	20.70	22.14
Magnésie	0.20	2.56	2.76	0.59	1.17	1.76
Potasse	10.26	1.78	12.04	5.58	0.56	6.14
Soude	0.92	0.38	1.30	0.29	0.47	0.76
Chlorure de sodium	0.54	»	0.54	0.46	»	0.46
Acide sulfurique	0.22	1.27	1.49	0.72	0.79	1.51
Acide carbonique et perte	4.71	10.40	15.11	1.28	16.05	17.33
	27.55	72.45	100.00	18.27	81.73	100.00

l) La cendre soluble renferme une teneur élevée pour 100 de phosphate de chaux, soluble dans l'eau. La solubilité du phosphate de chaux contenue dans la poudre d'os, peut être augmentée par le contact avec l'eau ; c'est ce qu'ont démontré les procédés pratiques de Pusey et les recherches du professeur Wöhler, de Göttingue. Les expériences directes de Vœlcker, en ce qui concerne la solubilité du phosphate de chaux contenu dans le fumier frais, ont précédé celles de Wöhler.

m) La partie insoluble des cendres comprend du sable, de la terre et les autres impuretés minérales incorporées au fumier ; elles se répartissent dans l'analyse, entre la matière siliceuse insoluble, les oxydes de fer et l'alumine, et la chaux due au sol de Cirencester.

b. — Fumier consommé normal.

Le fumier de ferme consommé, soumis comme type à l'analyse, était de même provenance que le fumier frais. Après six mois de garde, sa couleur était brun foncé, presque noire ; il avait bien fermenté et était suffisamment court.

Le tableau XCVII met en parallèle la composition du fumier consommé avec celle du fumier frais. Il résulte de la comparaison des deux analyses :

a) Que le fumier consommé renferme 10 p. 100 d'eau en plus que le fumier frais. Cette proportion pourrait être purement accidentelle, mais considérant la tendance des déjections liquides à gagner le fond de la fosse à fumier, il est probable que le fumier consommé est plus humide que le fumier frais tenu à l'abri de la pluie ;

b) Que malgré sa teneur plus élevée en eau, le fumier consommé dose presque autant d'azote que le fumier frais, de façon que, comparés à l'état sec, l'avantage pour l'azote est en faveur du fumier consommé. Ainsi, poids pour poids, le fumier gagne en azote par la décomposition ;

c) En revanche, pendant la fermentation, la proportion des substances organiques insolubles diminue considérablement ;

d) Toutefois, celles de ces matières qui restent dans le fumier consommé s'enrichissent en azote ; en effet :

Pour 100 parties de matières organiques insolubles du fumier frais contenant 1.92 p. 100 d'azote ;

100 parties des mêmes matières du fumier consommé renferment 2.41 p. 100 d'azote ;

e) La proportion relative de matières minérales insolubles augmente inversement de près du double dans le fumier consommé, par rapport au fumier frais (tableau XCVII) ;

f) La différence la plus saillante s'observe dans la proportion de la matière organique soluble qui est double dans le fumier consommé et correspond comme azote à 1.20 contre 0.44 p. 100 dans le fumier frais ;

g) Cette matière soluble s'enrichit en azote pendant la fermentation comme la matière insoluble, car :

100 parties de matière organique soluble sèche dans le fumier frais renferment 6.14 p. 100 d'azote ;

Tandis que 100 parties de la même matière sèche, dans le fumier consommé, tiennent 8.02 p. 100 d'azote ;

h) Enfin, la teneur en substances minérales solubles augmente pendant la fermentation.

Ainsi, il est démontré par l'analyse que, poids pour poids, le fumier consommé est plus riche en éléments fertilisants solubles et surtout en azote assimilable, produisant un effet immédiat et actif sur la végétation.

Les modifications que subit le fumier en fermentant, ou plutôt en se putréfiant, sont dès lors faciles à établir. Comme toutes les matières organiques entrant en décomposition spontanée, le fumier devient le centre de nouvelles combinaisons chimiques, dégageant des gaz odorants ou inodores, à la faveur de la température qui s'élève dans la masse. Les matières azotées, les premières à se putréfier, agissent comme des ferments sur les autres matières organiques, qui résisteraient plus longtemps sans leur contact. L'air, l'eau et la chaleur exercent naturellement une puissante action sur la décomposition des matières organiques. Ces matières seraient absolument sèches, qu'elles se conserveraient indéfiniment. Un excès d'eau retarderait également la décomposition, en excluant l'accès de l'air et empêchant l'élévation de température. De même, l'air qui est essentiel pour la putréfaction, quand il pénètre trop librement dans la masse, retarde la décomposition spontanée et produit de nouvelles modifications. La tenue du fumier en tas et dans les fosses prévient l'accès illimité de l'air au centre de la masse.

Les gaz qui se dégagent pendant la putréfaction sont dus au soufre et au phosphore que renferment les composés azotés des déjections, et qui se combinent en grande partie avec l'hydrogène, pour former de l'hydrogène sulfuré et phosphoré, deux gaz également nauséabonds. L'autre partie se combine avec l'oxygène atmosphérique pour constituer des acides sulfurique et phosphorique qui restent dans le fumier.

Les matières minérales s'augmentent dans le fumier consommé aux dépens des matières organiques, comme le démontrent les résultats mis en regard, des analyses des deux fumiers ramenés à l'état sec (100° C).

	FUMIER frais.	FUMIER consommé.
Matières organiques	83.48	68.24
— inorganiques	16.52	31.76
	100.00	100.00

En d'autres termes, les matières organiques, pendant la décomposition, se transforment en composés solubles, facilement enlevés par les grosses pluies, et en composés gazeux, facilement dégagés à l'état volatil.

L'acide carbonique et l'ammoniaque sont à signaler parmi les premiers; les humates et ulmates solubles parmi les seconds. Les humates et ulmates sont des combinaisons des acides humique et ulmique avec les alcalis : potasse, soude et ammoniaque. L'affinité de ces acides organiques pour l'ammoniaque est telle qu'ils s'emparent de ce gaz dès qu'il se dégage à l'état libre et le fixent autant qu'un autre composé présent dans le fumier en fermentation, ou produit par la fermentation, ne vient pas, à une température élevée, le dégager de nouveau et, à son tour, le fixer d'une manière plus stable. La paille qui, pendant la putréfaction, se convertit en acides humique et ulmique, sert effectivement à fixer, à cet état, l'ammoniaque que fournissent les déjections azotées. Quant à l'ammoniaque dégagée dans l'atmosphère, la proportion est bien plus faible qu'on n'est porté à le supposer. Enfin, les substances humiques, au contact de l'air, s'oxydent rapidement pour donner naissance à de l'acide carbonique, à de l'oxyde de carbone et à de l'hydrogène proto-carboné ou gaz des marais, qui accompagnent l'acte de putréfaction des matières organiques.

Toutes ces modifications du fumier frais s'accomplissent-elles sans perte de substances fertilisantes? Comme en somme la perte des matières minérales peut être évitée en prenant les soins nécessaires pour que le fumier ne soit pas lavé par les pluies, et comme d'autre part, les substances carbonées, non azotées, n'ont guère de valeur intrinsèque, la question peut se poser dans ces termes : Y a-t-il perte d'azote par le fait de la fermentation du fumier?

c. — Essais de conservation des fumiers.

C'est à la question ainsi posée que Vœlcker a tenu à répondre par des expériences directes, lui permettant en même temps de se prononcer sur les mérites des diverses méthodes appliquées pour l'aménagement des fumiers.

A cet effet, un lot de fumier frais, type analysé précédemment, fut soigneusement mélangé, pesé et déposé en tas contre un mur, de façon à le laisser exposé à l'action libre de l'atmosphère. La perte du tas fut périodiquement constatée par des pesées sur la bascule, en même temps que des analyses servaient à établir la nature et les proportions de la perte. Le fumier de ce tas exposé porte le n° I.

Un second lot du même fumier frais ayant servi à l'analyse, fut déposé, après une pesée exacte, auprès du tas n° I, mais garanti par un hangar contre la pluie, le soleil et les vents. Ce tas porte le n° II.

Un troisième lot du fumier frais bien mélangé fut répandu, après avoir été pesé, sous l'épaisseur voulue et aussi également que possible, dans un enclos, au voisinage des tas précédents. Ce lot, qui représente l'état du fumier dans les cours ouvertes au bétail, est désigné par le n° III.

Enfin, un quatrième lot de fumier gras, consommé, tel qu'il avait été précédemment analysé, fut après pesée déposé en tas contre un mur, de la même manière que le tas n° I, pour être soumis à l'influence atmosphérique : c'est le tas n° IV.

Les tas I à IV, après un laps de trois mois et onze jours, furent pesés, et le même jour, sur chacun des tas, furent prélevés des échantillons, afin d'y doser l'eau et d'en faire l'analyse. Malheureusement, la gelée ayant altéré la bascule, et les poids étant douteux, les analyses seules purent être conservées. Elles figurent, à l'exception de celle du fumier frais répandu (III), dans le tableau XCVIII. Le fumier III était tellement imprégné de neige, que la composition, si elle eût été déterminée à cette date, eût été viciée. La détermination par analyse du fumier III fut remise en conséquence à la pesée suivante, c'est-à-dire après un laps de six mois.

Ainsi, des tas I à III, ceux portant les nos I et II, mis en place le 3 novembre 1854, furent analysés le 14 février 1855, après un laps de 3 mois 11 jours :

Pesés et analysés le 30 avril 1855, après un laps de 6 mois;

Pesés et analysés le 23 août 1855, après un laps de 9 mois 20 jours;

Et pesés et analysés le 15 novembre 1855, après un laps de 12 mois et 12 jours.

TABLEAU XCVIII. — Composition du fumier frais et du fumier consommé après 3 mois et 11 jours d'exposition à l'air.

DATE DES ANALYSES : 14 FÉVRIER 1855.	I. FUMIER FRAIS EXPOSÉ.				II. FUMIER FRAIS ABRITÉ.				IV. FUMIER CONSOMMÉ EXPOSÉ.			
	État naturel.		État sec.		État naturel.		État sec.		État naturel.		État sec.	
Eau		69.83		»		67.32		»		73.90		»
Matière organique soluble [1]		3.86		12.79		2.63		8.04		2.70		10.34
Matière inorganique soluble (cendres).												
Silice soluble	0.279		0.921		0.239		0.733		0.117		0.561	
Phosphate de chaux	0.360		0.985		0.331		1.013		0.129		0.493	
Chaux	0.018		0.160		0.056		0.171		0.018		0.067	
Magnésie	0.019		0.065		0.004		0.013		0.018		0.068	
Potasse	1.096	2.97	3.632	9.81	0.676	2.12	2.068	6.48	0.960	2.06	3.860	7.89
Soude	0.187		0.621		0.192		0.578		0.082		0.321	
Chlorure de sodium	0.106		0.351		0.058		0.179		0.052		0.191	
Acide sulfurique	0.160		0.532		0.119		0.366		0.072		0.278	
— carbonique et perte	0.775		2.570		0.415		1.359		0.581		2.225	
Matière organique insoluble [2]		18.41		61.12		20.16		62.60		14.39		55.13
Matière inorganique insoluble (cendres).												
Silice soluble	0.712		2.364		1.893		3.294		1.10		4.24	
— insoluble	0.857		2.844		1.075		5.800		1.54		5.91	
Oxydes de fer et alumine avec phosphates	0.810		2.689		1.135		3.477		0.37		1.41	
Contenant acide phosphorique	(0.177)		(0.589)		(0.298)		(0.910)		(0.06)		(0.24)	
Chaux	1.291		4.281		1.868		5.722		2.25		7.65	
Magnésie	0.029	4.90	0.097	16.25	0.078	7.47	0.240	22.88	0.02	6.95	0.08	26.64
Potasse	0.127		0.122		0.208		0.613		0.12		0.45	
Soude	0.046		0.166		0.038		0.116		0.01		0.06	
Acide sulfurique	0.099		0.329		0.098		0.302		0.10		0.38	
— carbonique et perte	0.929		3.066		1.077		2.316		1.41		6.15	
		100.00		100.00		100.00		100.00		100.00		100.00
1. Contenant azote	0.27		0.91		0.17		0.053		0.119		0.57	
Égal à ammoniaque		0.32		1.10		0.206		0.166		0.180		0.69
2. Contenant azote	0.47		1.55		0.58		1.77		0.061		2.35	
Égal à ammoniaque		0.57		1.88		0.700		2.14		0.074		2.85
	0.74	0.89	2.46	2.98	0.75	0.906	2.30	2.80	0.210	0.251	2.92	3.54
Ammoniaque à l'état libre : total	0.019		0.62		0.22		0.67		0.015		0.57	
— à l'état de sels : total	0.061		0.212		0.54		1.65		0.043		0.183	

TABLEAU XCIX. — Composition pour 100 des cendres de fumier frais I et II et du fumier consommé IV, après 3 mois et 11 jours.

	I. CENDRES du fumier frais exposé.			II. CENDRES du fumier frais abrité.			IV. CENDRES du fumier consommé exposé.		
	Solubles dans l'eau.	Insolubles dans l'eau.	Total.	Solubles dans l'eau.	Insolubles dans l'eau.	Total.	Solubles dans l'eau.	Insolubles dans l'eau.	Total.
Silice soluble	3.55	9.06	12.61	2.50	19.74	22.24	1.63	12.13	13.76
Silice insoluble	»	10.89	10.89	»	11.21	11.21	»	17.12	17.12
Phosphate de chaux	3.82	»	3.82	3.45	»	3.45	1.43	»	1.43
Oxydes de fer et alumine avec phosphates	»	10.30	10.30	»	11.84	11.84	»	4.08	4.08
— contenant acide phosphorique	»	(2.26)	(2.26)	»	(3.11)	(3.11)	»	(0.71)	(0.71)
Chaux	0.62	16.41	17.03	0.58	19.48	20.06	0.19	25.05	25.24
Magnésie	0.25	0.37	0.62	0.04	0.82	0.86	0.20	0.23	0.43
Potasse	13.93	1.62	15.55	7.05	2.12	9.17	10.66	1.31	11.97
Soude	2.38	0.59	2.97	2.03	0.39	2.42	0.93	0.17	1.10
Chlorure de sodium	1.35	»	1.35	0.61	»	0.61	0.56	»	0.56
Acide sulfurique	2.04	1.27	3.31	1.25	1.02	2.27	0.80	1.09	1.89
Acide carbonique et perte	9.80	11.75	21.55	4.59	11.28	15.87	6.45	15.97	22.41
	37.74	62.26	100.00	22.10	77.90	100.00	22.85	77.15	100.00

Le tas n° III ne fut pesé et analysé que le 30 avril, puis aux mêmes dates que les précédents.

Enfin, le tas n° IV, mis en place le 5 décembre 1854, fut analysé d'abord le 14 février 1855, après un laps de 2 mois et 9 jours, puis

Pesé et analysé le 30 avril 1855, après 5 mois et 25 jours ;
— — le 23 août — après 8 mois et 18 jours ;
— — le 15 novembre — après 11 mois et 10 jours.

Tableau XCVIII. — Les analyses du fumier frais I et II, comparées à celle du fumier-type donnée précédemment (tableau XCVI), donnent lieu aux observations ci-après :

Fumier frais exposé à l'air (I). — Après 3 mois et 11 jours d'exposition à l'air, il renferme plus d'eau, et malgré cela, la proportion de matières organiques et minérales solubles a augmenté, tandis que celle des matières organiques insolubles a diminué. Les différences sont plus marquées si on se réfère à l'analyse du fumier calculé à l'état sec. En outre, la quantité totale pour cent des matières organiques décroît, tandis que celle des matières minérales s'accroît. La teneur en azote total est légèrement plus élevée, et la dose d'ammoniaque à l'état libre et à l'état de sels est à peu près aussi faible. Enfin, l'analyse des cendres (tableau XCIX), comparée à celle donnée précédemment (tableau XCVII), montre que le phosphate de chaux et la silice ont diminué dans la partie soluble, de même que dans la partie insoluble ; l'acide sulfurique ayant augmenté dans la partie soluble.

Fumier frais abrité (II). — Après 3 mois et 11 jours de séjour sous un abri, le fumier frais a subi peu de modifications quant à ses éléments organiques et minéraux ; à peine 1 p. 100 de plus de matière organique soluble, et 0.10 p. 100 d'azote en plus dans cette même matière. Il y a eu perte de matière organique insoluble, presque autant que dans le fumier I exposé à l'air, mais la proportion de cendres insolubles, et dans ces cendres, la proportion de chaux et de matière siliceuse ont augmenté, ce qui ne saurait être attribué qu'à des impuretés accidentelles, car, trois mois plus tard, l'analyse du même tas abrité fournit un chiffre à peine moindre de matière insoluble.

En dehors de cette anomalie, la composition des cendres a varié

insensiblement au bout de trois mois; quoique, par rapport au fumier I, on constate que le tas II renferme plus de phosphate de chaux.

L'augmentation de l'acide sulfurique, dans les fumiers I et II, s'explique par l'oxydation d'une partie du soufre combiné avec les matières azotées, qui s'associent à l'état d'acide sulfurique avec la chaux. Il se forme ainsi du plâtre pendant la fermentation du fumier en même temps que des composés ammoniacaux volatils que le plâtre est appelé à fixer.

Fumier consommé (IV). — Au bout de 2 mois et 9 jours, le fumier consommé malgré le froid de l'hiver a diminué de volume, non pas tant qu'il ait subi de grandes pertes de matière, mais parce qu'il s'est tassé et consolidé.

Une partie des matières organiques solubles a été enlevée par la pluie ou par la neige; d'après le calcul à l'état sec, cette réduction atteint près de 2 p. 100. L'azote qui titrait dans le fumier consommé, au sortir de la fosse, 1.21 p. 100 à l'état de composés solubles, ne titre plus que 0.57 p. 100 dans la matière soluble. Toutefois, l'azote total de l'engrais, après 2 mois et 9 jours, a légèrement augmenté. En ce qui concerne l'ammoniaque libre, elle se réduit à des traces; ce qui s'explique par le fait constaté dans des expériences directes, que le fumier, maintenu à une basse température, n'émet pas d'ammoniaque, celle-ci se dégage seulement par la fermentation active du tas, avec développement de chaleur. Quand à l'intérieur des tas, la chaleur augmentant, l'ammoniaque se forme, la partie extérieure maintenue fraîche par l'air ambiant, la retient mécaniquement; la litière, les détritus excrémentiels, et, plus tard, l'humus qui résulte de la décomposition, font l'office de filtre pour l'empêcher de se répandre dans l'atmosphère. On en a la preuve quand on retourne les tas à la fourche, il y a dégagement et perte d'ammoniaque; ce qui fait qu'on doit éviter de retourner le fumier plus que de besoin.

C'est le 30 avril suivant que les quatre spécimens de fumier ont été de nouveau pesés séparément, remis en place dans des conditions identiques et analysés, pour être successivement traités de la même manière les 23 août et 15 novembre de la même année.

Pour chacun des spécimens, nous avons groupé dans les tableaux

C et CI les résultats constatés par Vœlcker ; le premier donne la composition centésimale du fumier à l'état naturel et calculé à l'état sec, aux différentes dates, en regard de celle déterminée primitivement ; le second fournit la composition du tas en kilogrammes aux diverses dates, avec les différences en poids et pour 100 à chacune d'elles.

Pour le fumier frais répandu (III) qui n'avait pas pu être analysé en février, l'analyse générale au 30 avril, et le dosage des cendres, complètent les deux tableaux dont nous venons d'indiquer la nature.

La réunion des résultats sous forme de tableaux, nous dispensera des redites que suggère leur comparaison aux diverses dates d'essai, tout en nous permettant de signaler les principales différences qui caractérisent l'ensemble pour chaque fumier.

Fumier frais conservé à l'air libre (I). — Sous le rapport de l'eau, le fumier I renferme 3.5 p. 100 d'eau en plus en février, après trois mois de séjour à l'air libre ; mais comme il avait à peine plu dans les trois mois suivants, il perd cette augmentation, pour revenir en avril à peu près au même état d'humidité qu'en novembre. Du mois d'avril au mois d'août, la dose d'eau s'accroît notablement, à cause des pluies : de près de 10 p. 100, eu égard à la teneur primitive et demeure stationnaire à 1 p. 100 près, jusqu'en novembre suivant. Il est difficile, d'après cela, de raisonner sur la base de la composition du fumier à l'état naturel ; mais, si l'on se reporte à la composition établie, abstraction faite de l'eau, c'est-à-dire du fumier à l'état sec, on constate (tableaux C et CI) :

a) Que la proportion totale pour 100 de matières organiques diminue progressivement de mois en mois, tandis que celle des matières inorganiques augmente d'autant ;

b) Que la perte de matières organiques porte surtout sur la partie insoluble de ces matières ;

c) Qu'au contraire, les matières organiques solubles augmentent pendant les trois premiers mois, se maintiennent avec une légère diminution pendant les six mois suivants, et, après plus de douze mois, conservent encore une teneur de 3 p. 100 plus élevée qu'en novembre 1854.

d) Que les matières minérales solubles suivent à peu près la même progression que les matières organiques solubles ;

TABLEAU C. — Composition pour 100 du fumier frais conservé à l'air (I) et essayé à diverses dates.

	ÉTAT NATUREL.					CALCULÉ A L'ÉTAT SEC.				
	3 novembre 1854.	14 février 1855. — 3 mois.	30 avril 1855. — 6 mois.	23 août 1855. — 9 mois.	15 novemb. 1855. — 12 mois.	3 novembre 1854.	14 février 1855. — 3 mois.	30 avril 1855. — 6 mois.	23 août 1855. — 9 mois.	15 novemb. 1855. — 12 mois.
Eau	66.17	69.83	65.95	75.49	74.29	»	»	»	»	»
Matières organiques solubles [1]	2.48	3.86	4.27	2.95	2.74	7.33	12.79	12.54	12.04	10.65
— minérales —	1.54	2.97	2.86	1.97	1.87	4.55	9.84	8.39	8.03	7.27
— organiques insolubles [2]	25.76	18.44	19.23	12.20	10.89	76.15	61.12	56.49	49.77	42.25
— minérales —	4.05	4.90	7.69	7.39	10.21	11.97	16.25	22.58	30.16	39.73
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	0.149	0.27	0.30	0.19	0.18	0.44	0.91	0.88	0.77	0.72
Égal à ammoniaque	0.181	0.32	0.36	0.23	0.21	0.53	1.10	1.06	0.93	0.88
2. Contenant azote	0.494	0.47	0.59	0.47	0.47	1.46	1.55	1.75	1.92	1.85
Égal à ammoniaque	0.599	0.57	0.71	0.62	0.57	1.77	1.88	2.12	2.33	2.24
Azote total	0.643	0.74	0.89	0.66	0.65	1.90	2.46	2.63	2.69	2.57
Égal à ammoniaque	0.780	0.89	1.07	0.85	0.78	2.30	2.98	3.18	3.26	3.12
Ammoniaque à l'état libre	0.034	0.019	0.008	0.010	0.006	0.10	0.062	0.023	0.041	0.023
— — de sels	0.088	0.064	0.085	0.038	0.041	0.26	0.212	0.249	0.151	0.159
Total des matières organiques	28.24	22.30	23.50	15.15	13.63	83.48	73.91	69.03	61.81	53.00
— — minérales	5.59	7.87	10.55	9.36	12.08	16.52	26.09	30.97	38.19	47.00
						100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

TABLEAU CI. — Composition en kilogrammes du tas de fumier frais (I) exposé à l'air, et différences constatées à diverses dates.

	3 NOVEMBRE 1854.	30 AVRIL 1855 6 mois.			23 AOUT 1855 9 mois 20 jours.			15 NOVEMBRE 1855 12 mois 12 jours.		
			DIFFÉRENCES en poids.	DIFFÉRENCES pour 100.		DIFFÉRENCES en poids.	DIFFÉRENCES pour 100.		DIFFÉRENCES en poids.	DIFFÉRENCES pour 100.
	kil.	kil.	kil.		kil.	kil.		kil.	kil.	
Poids total et pertes successives	1286	918	— 363	— 28.61	904	— 382	— 29.77	895	— 391	— 30.45
— d'eau — —	851	606	— 245	— 19.09	682	— 169	— 13.12	665	— 186	— 14.19
— de la matière sèche et pertes successives	435	312	— 123	— 9.52	222	— 213	— 16.60	230	— 205	— 15.95
Soit :										
Matière organique soluble [1]	32	39	+ 7	+ 0.56	27	— 5	— 0.40	24.5	— 7.5	— 0.57
— minérale —	20	26	+ 6	+ 0.49	18	— 2	— 0.16	17.0	— 3.0	— 0.24
— organique insoluble [2]	331	177	— 154	— 12.03	110	— 221	— 17.18	97.5	— 233.5	— 18.17
— minérale —	52	70	+ 18	+ 1.43	67	+ 15	+ 1.14	91.0	+ 39.0	+ 3.03
	435	312			222			230.0		
1. Contenant azote	1.90	2.75	+ 0.85	+ 0.065	1.64	— 0.26	— 0.016	1.60	— 0.30	— 0.020
Égal à ammoniaque	2.32	3.33	+ 1.01	+ 0.079	2.06	— 0.26	— 0.019	1.97	— 0.35	— 0.026
2. Contenant azote	6.35	5.47	— 0.88	— 0.068	4.25	— 2.10	— 0.160	4.25	— 2.10	— 0.160
Égal à ammoniaque	7.72	6.44	— 1.08	— 0.083	5.17	— 2.55	— 0.190	5.16	— 2.56	— 0.190
Azote total dans le fumier	8.25	8.22	— 0.03	— 0.003	5.39	— 2.36	— 1.79	5.85	— 2.40	— 0.180
Égal à ammoniaque	10.04	9.97	— 0.07	— 0.004	7.23	— 2.81	— 0.21	7.13	— 2.91	— 0.220
Ammoniaque à l'état libre	0.43	0.07	— 0.36	— 0.028	0.09	— 0.34	— 0.026	0.04	— 0.39	— 0.029
— à l'état de sels	1.13	0.77	— 0.36	— 0.027	0.34	— 0.79	— 0.06	0.36	— 0.77	— 0.059
Total des matières organiques	363	216	— 147	— 11.45	137	— 226	— 17.59	122	— 241	— 18.76
— — minérales	72	96	+ 24	+ 1.92	85	+ 13	+ 0.99	108	+ 36	+ 2.81

e) Que l'azote des matières organiques solubles, après avoir augmenté de 0.44 à 0.91 p. 100 dans les trois premiers mois, diminue progressivement jusqu'à ne plus titrer que 0.72 p. 100 après plus de douze mois; tandis que l'azote des matières organiques insolubles croît d'une manière continue pendant les neuf premiers mois, et se maintient jusqu'à la fin, avec une légère décroissance.

f) Que l'azote total, après avoir presque doublé pendant les trois premiers mois, augmente encore jusqu'à l'expiration des neuf mois et titre encore 0.67 p. 100 de plus en novembre que lors de la mise en essai du fumier frais.

Ainsi, la solubilité du fumier frais que l'on recherche par sa conservation, s'obtient aux dépens d'une forte proportion de matière organique et il n'y a aucun avantage à conserver le fumier au delà d'un certain temps. Dans le cas actuel, après le mois de février, ni les matières organiques, ni les matières minérales solubles n'augmentent, et la teneur en azote s'élève très peu, de sorte qu'à tout prendre, le fumier, au mois de février, est tout aussi fertilisant qu'aux mois d'avril et d'août, et supérieur comme qualité à celui de novembre.

La perte d'eau, à partir de février, n'est pas due seulement à l'évaporation et à la déperdition d'éléments inutiles, mais elle correspond à une perte effective d'éléments fertilisants; c'est ce que justifie le tableau CI, où figure la composition en kilogrammes du tas de fumier soumis à l'essai, avec les différences en poids et pour 100 aux diverses dates d'analyse. Les 1286 kilogr. de fumier renfermaient, en novembre 1884, 851 kilogr. d'eau et 435 kilogr. de matière sèche; ils se réduisent en novembre 1885 à 895 kilogr., dont 665 d'eau et 230 de matière sèche. Cette perte considérable de matière fertilisante peut être empêchée, soit en appliquant le fumier plus tôt, soit en le conservant le moins longtemps possible; mais, de toutes manières, le fumier frais ne saurait remplacer, dans beaucoup de cas, le fumier consommé, dont la préparation bien réglée ne donne lieu à aucune dépréciation de valeur fertilisante.

Fumier frais conservé à l'abri (II). — L'examen des tableaux CII et CIII suggère les observations suivantes :

TABLEAU CII. — Composition pour 100 du fumier frais conservé à l'abri (II) et essayé à diverses dates.

	ÉTAT NATUREL.					CALCULÉ A L'ÉTAT SEC.				
	3 novembre 1854.	14 février 1855. — 3 mois.	30 avril 1855. — 6 mois.	23 août 1855. — 9 mois.	15 novemb. 1855. — 12 mois.	3 novembre 1854.	14 février 1855. — 3 mois.	30 avril 1855. — 6 mois.	23 août 1855. — 9 mois.	15 novemb. 1855. — 12 mois.
Eau	66.17	67.32	56.89	43.43	41.66	»	»	»	»	»
Matières organiques solubles [1]	2.48	2.63	4.63	4.13	5.37	7.33	8.04	10.74	7.30	9.20
— minérales —	1.54	2.12	3.38	3.05	4.43	4.55	6.48	7.84	5.39	7.59
— organiques insolubles [2]	25.76	20.46	25.43	26.01	27.69	76.15	62.60	58.99	45.97	47.16
— minérales —	4.05	7.47	9.67	23.38	20.85	11.97	22.88	22.43	41.34	35.75
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	0.149	0.17	0.27	0.26	0.42	0.41	0.53	0.63	0.46	0.72
Égal à ammoniaque	0.181	0.20	0.32	0.31	0.51	0.53	0.66	0.76	0.56	0.88
2. Contenant azote	0.494	0.53	0.92	1.01	1.09	1.46	1.77	2.11	1.78	1.88
Égal à ammoniaque	0.599	0.70	1.11	1.23	1.31	1.77	2.14	2.59	2.16	2.20
Azote total	0.643	0.75	1.19	1.27	1.51	1.90	2.30	2.77	2.21	2.60
Égal à ammoniaque	0.780	0.90	1.43	1.54	1.82	2.30	2.80	3.35	2.72	3.08
Ammoniaque à l'état libre	0.034	0.022	0.055	0.015	0.019	0.10	0.067	0.127	0.026	0.032
— — de sels	0.038	0.051	0.101	0.103	0.146	0.26	0.165	0.234	0.182	0.250
Total des matières organiques	28.24	23.09	30.05	30.11	33.06	83.48	70.64	69.73	53.27	56.66
— — minérales	5.59	9.59	13.05	26.43	25.28	16.52	29.36	30.27	46.73	43.34

TABLEAU CIII. — Composition en kilogrammes du tas de fumier frais (II) abrité et différences constatées à diverses dates.

	3 NOVEMBRE 1854.	30 AVRIL 1855. 6 mois.			23 AOUT 1855. 9 mois 20 jours.			15 NOVEMBRE 1855. 12 mois 12 jours.		
			DIFFÉRENCES			DIFFÉRENCES			DIFFÉRENCES	
			en poids.	pour 100.		en poids.	pour 100.		en poids.	pour 100.
	kil.	kil.	kil.		kil.	kil.		kil.	kil.	
Poids total et pertes successives.	1477	731	— 746	— 50.5	588	— 889	— 60.19	560	— 917	— 62.09
— d'eau — —	977	416	— 561	— 38.0	255	— 522	— 48.88	233	— 744	— 50.35
— de la matière sèche et pertes successives.	500	315	— 185	— 12.5	333	— 167	— 11.29	327	— 173	— 11.71
Soit :										
Matière organique soluble [1]	37	34	— 3	— 0.18	24	— 13	— 0.83	30	— 7	— 0.44
— minérale —	23	24	+ 1	+ 0.13	18	— 5	— 0.32	25	+ 2	+ 0.14
— organique insoluble [2]	380	186	— 194	— 13.16	153	— 227	— 15.40	155	— 225	— 15.26
— minérale —	60	71	+ 11	+ 0.73	138	+ 78	+ 5.26	117	+ 57	— 3.85
	500	315			333			327		
1. Contenant azote	2.20	1.98	— 0.02	— 0.014	1.51	— 0.69	— 0.042	2.38	+ 0.18	+ 0.012
Égal à ammoniaque.	2.66	2.42	— 0.24	— 0.016	1.90	— 0.76	— 0.051	2.89	+ 0.23	+ 0.015
2. Contenant azote	7.29	6.75	— 0.54	— 0.036	5.93	— 1.36	— 0.092	6.14	— 1.15	— 0.078
Égal à ammoniaque.	8.85	7.91	— 0.94	— 0.063	7.20	— 1.65	— 0.111	7.45	— 1.40	— 0.094
Azote total dans le fumier.	9.49	8.73	— 0.76	— 0.051	7.41	— 2.05	— 0.134	8.52	— 0.97	— 0.065
Égal à ammoniaque.	11.51	10.33	— 1.18	— 0.080	9.10	— 2.41	— 0.163	10.34	— 1.17	— 0.079
Ammoniaque à l'état libre.	0.50	0.40	— 0.10	— 0.006	0.08	— 0.42	— 0.027	0.10	— 0.40	— 0.026
— à l'état de sels.	1.29	0.73	— 0.56	— 0.03	0.60	— 0.69	— 0.046	0.82	— 0.47	— 0.032
Total des matières organiques.	417	220	— 197	— 13.34	177	— 240	— 16.23	185	— 232	— 15.70
— — minérales.	83	95	+ 12	+ 0.86	156	+ 73	+ 4.94	142	+ 59	+ 3.99

a) La matière organique pour 100 diminue progressivement, tandis que la matière minérale augmente;

TABLEAU CIV. — Composition du fumier frais répandu (III) après six mois.

DATE DE L'ANALYSE : 30 AVRIL 1855.	III. FUMIER FRAIS RÉPANDU. État naturel.		III. FUMIER FRAIS RÉPANDU. Calculé à l'état sec.	
Eau		80.02		»
Matière organique soluble [1]		1.16		5.80
Matière inorganique soluble (cendres).				
Silice soluble	0.211		1.05	
Phosphate de chaux	0.191		1.07	
Chaux	0.005		0.02	
Magnésie	0.008		0.04	
Potasse	0.365	1.01	1.82	5.05
Soude	0.037		0.18	
Chlorure de sodium	0.004		0.02	
Acide sulfurique	0.041		0.20	
Acide carbonique et perte	0.145		0.65	
Matière organique insoluble [2]		11.46		57.37
Matière inorganique insoluble (cendres).				
Silice soluble	0.955		4.78	
Silice insoluble	1.101		5.51	
Oxydes de fer et alumine avec phosphates	0.622		3.11	
Contenant acide phosphorique	(0.177)		(0.89)	
Chaux	1.964	6.35	9.83	31.78
Magnésie	0.082		0.41	
Potasse	0.052		0.27	
Soude	0.009		0.06	
Acide sulfurique	0.066		0.33	
Acide carbonique et perte	1.499		7.48	
		100.00		100.00
1. Contenant azote	0.08		0.42	
Égal à ammoniaque		0.09		0.51
2. Contenant azote	0.45		2.28	
Égal à ammoniaque		0.54		2.76
	0.53	0.63	2.70	3.27
Ammoniaque à l'état libre; total	0.010		0.05	
— — de sels; total	0.015		0.225	

b) La diminution de la matière organique est bien moindre que dans le fumier exposé à l'air;

c) L'augmentation, pendant les six premiers mois, de la matière organique et minérale soluble, n'est pas si forte que dans le fumier I;

d) L'ammoniaque à l'état libre et à l'état de sels facilement décomposés par la chaux, décroît sensiblement pendant les douze mois de garde;

e) L'azote des matières organiques solubles et insolubles augmente légèrement, mais régulièrement; l'azote total également;

f) L'augmentation pour 100 des matières minérales, constatée en août, ne saurait provenir que de causes accidentelles, pour lesquelles il n'a été fait aucune correction.

En résumé, le fumier frais conservé à l'abri n'est pas autant modifié sous le rapport de sa composition que le fumier I exposé à l'air. La fermentation ne s'effectue pas aussi complètement, l'eau qui s'évapore constamment n'étant pas remplacée par celle de la pluie; de telle sorte qu'après une première période active jusqu'en avril, la fermentation cesse, et la composition reste la même. La matière organique insoluble est réduite de près de 50 p. 100 dans les six premiers mois, c'est-à-dire convertie en acide carbonique et autres produits gazeux; et la matière sèche totale a perdu 38 p. 100, sans que la teneur totale en azote ait baissé de 3/4 p. 100.

Fumier frais répandu à l'air (III). — Il y a lieu de rappeler que le fumier frais répandu dans une cour à l'air libre et soumis à toutes les intempéries, n'a pas pu être analysé en février à cause de la neige qui le recouvrait. L'analyse complète faite le 30 avril seulement, figure dans le tableau CIV; et la composition des cendres à la même date, dans le tableau CV.

La comparaison avec le fumier frais analysé le 3 novembre, indique :

a) Qu'après six mois d'épandage en plein air, la matière minérale soluble s'est réduite de 27.55 à 13.73 p. 100, et la matière minérale insoluble, de 72.45, s'est accrue jusqu'à 86.27 p. 100. Ainsi, la pluie a pour effet de détériorer rapidement le fumier frais par l'enlèvement de matières salines utiles.

b) Que, d'après la composition des cendres, la matière siliceuse insoluble a augmenté, tandis que la potasse et le phosphate de chaux ont notablement diminué.

c) Que les cendres du fumier analysé en avril renferment moins de silice soluble, de potasse et de phosphate de chaux, trois éléments également précieux, que n'en tiennent les cendres du fumier normal.

TABLEAU CV. — Composition pour 100 des cendres du fumier frais répandu après six mois (III).

	III. CENDRES du fumier frais répandu.		
	Solubles dans l'eau.	Insolubles dans l'eau.	Total.
Silice soluble	2.87	13.05	15.90
— insoluble	»	14.96	14.96
Phosphate de chaux	2.64	»	2.64
Oxydes de fer et alumine avec phosphates	»	8.45	8.45
Contenant acide phosphorique	»	(2.41)	(2.41)
Chaux	0.06	26.69	26.75
Magnésie	0.11	1.12	1.23
Potasse	4.97	0.75	5.72
Soude	0.50	0.02	0.52
Chlorure de sodium	0.05	»	0.05
Acide sulfurique	0.50	0.90	1.40
Acide carbonique et perte	2.03	20.35	22.38
	13.73	86.27	100.00

Il résulte des chiffres consignés dans le tableau CVI de la composition du fumier III, essayé à diverses dates :

a') Qu'à la fin de l'expérience, au lieu de 2.5 p. 100 de matière organique soluble, le fumier n'en renferme plus un demi pour 100;

b') Que la matière organique insoluble a diminué de 25.7 p. 100 à 9.94;

c') Que l'azote des matières organiques solubles a été enlevé à peu près entièrement; il n'en reste plus que 0.03 p. 100.

d') Que l'azote total s'est réduit de près de moitié.

L'examen du tableau suivant CVI *bis* confirme, par les résultats exprimés en poids, la perte considérable qu'entraîne la conservation du fumier frais répandu en couche peu épaisse et soumis aux intem-

TABLEAU CVI. — Composition pour 100 du fumier frais répandu (III) et essayé à diverses dates.

	ÉTAT NATUREL.				CALCULÉ A L'ÉTAT SEC.			
	3 novembre 1854.	30 avril 1855. — 6 mois.	23 août 1855. — 9 mois 20 jours.	15 novembre 1855. — 12 mois 12 jours.	3 novembre 1854.	30 avril 1855. — 6 mois.	23 août 1855. — 9 mois 20 jours.	15 novembre 1855. — 12 mois 12 jours.
Eau	66.17	80.02	70.09	65.56	»	»	»	»
Matières organiques solubles [1]	2.48	1.16	0.49	0.42	7.33	5.80	1.61	1.21
— minérales —	1.54	1.01	0.61	0.57	4.55	5.05	2.14	1.69
— organiques insolubles [2]	25.76	11.46	10.56	9.94	76.15	57.37	35.30	28.86
— minérales —	4.05	6.35	18.22	23.51	11.97	31.78	60.92	68.24
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	0.119	0.08	0.06	0.03	0.44	0.42	0.20	0.10
Égal à ammoniaque	0.181	0.09	0.07	0.036	0.53	0.51	0.24	0.12
2. Contenant azote	0.494	0.45	0.35	0.36	1.46	2.28	1.17	1.09
Égal à ammoniaque	0.599	0.51	0.42	0.46	1.77	2.76	1.41	1.32
Azote total	0.643	0.53	0.41	0.39	1.90	2.70	1.37	1.19
Égal à ammoniaque	0.780	0.63	0.49	0.493	2.30	3.27	1.65	1.44
Ammoniaque à l'état libre	0.031	0.010	0.012	0.0006	0.10	0.05	0.010	0.0017
— à l'état de sels	0.083	0.015	0.051	0.030	0.26	0.225	0.171	0.037
Total des matières organiques	28.24	12.62	11.05	10.36	83.48	63.17	36.94	30.07
— — minérales	5.59	7.36	18.86	24.08	16.52	36.83	63.06	69.93

TABLEAU CVI bis. — Composition en kilogrammes du tas de fumier frais répandu (III) et différences constatées à diverses dates.

	3 NOVEMBRE 1854.	30 AVRIL 1855. 6 mois.			23 AOUT 1855. 9 mois 20 jours.			15 NOVEMBRE 1855. 12 mois 12 jours.		
			DIFFÉRENCES			DIFFÉRENCES			DIFFÉRENCES	
			en poids.	pour 100.		en poids.	pour 100.		en poids.	pour 100.
	kil.	kil.	kil.		kil.	kil.		kil.	kil.	
Poids total et pertes successives	749	617	— 102	— 13.49	459	— 290	— 38.74	431	— 318	— 42.19
— d'eau — —	495	518	+ 23	+ 3.02	322	— 173	— 23.22	283	— 212	— 28.46
— de la matière sèche et pertes successives	254	129	— 125	— 16.51	137	— 117	— 15.20	148	— 106	— 11.01
Soit :										
Matière organique soluble [1]	19	7.5	— 11.5	— 1.47	2.2	— 16.8	— 2.18	1.7	— 17.3	— 2.24
— minérale —	12	6.5	— 5.5	— 0.66	2.9	— 9.1	— 1.14	2.5	— 9.5	— 1.20
— organique insoluble	193	74.0	— 119.0	— 15.85	48.4	— 144.6	— 19.29	42.8	— 150.2	— 20.05
— minérale —	30	41.0	+ 11.0	+ 1.44	83.5	+ 53.5	+ 7.11	101.0	+ 71.0	+ 9.49
	254	129.0			137.0			118.0		
1. Contenant azote	1.45	0.54	— 0.91	— 0.12	0.27	— 1.18	— 0.16	0.11	— 1.31	— 0.18
Égal à ammoniaque	1.75	0.65	— 1.10	— 0.15	0.33	— 1.42	— 0.18	0.17	— 1.58	— 0.21
2. Contenant azote	2.85	2.95	+ 0.10	+ 0.018	1.58	— 1.27	— 0.16	1.56	— 1.29	— 0.16
Égal à ammoniaque	3.45	3.58	+ 0.13	+ 0.021	1.94	— 1.51	— 0.19	1.93	— 1.52	— 0.19
Azote total dans le fumier	4.30	3.49	— 0.81	— 0.102	1.85	— 2.45	— 0.32	1.70	— 2.60	— 0.31
Égal à ammoniaque	5.20	4.23	— 0.97	— 0.129	2.27	— 2.93	— 0.38	2.10	— 3.10	— 0.41
Ammoniaque à l'état libre	0.249	0.063	— 0.186	— 0.024	0.059	— 0.190	— 0.025	0.002	— 0.247	— 0.033
— à l'état de sels	0.657	0.231	— 0.376	— 0.050	0.249	— 0.308	— 0.050	0.127	— 0.530	— 0.07
Total des matières organiques	212	82	— 130	— 17.32	51	— 161	— 21.47	45	— 167	— 22.29
— — minérales	42	47	+ 5	+ 0.78	86	+ 44	+ 5.97	103	+ 61	+ 8.25

péries pendant une trop longue période. Le tas de fumier mis en expérience pesait 749 kilogr. ; douze mois plus tard, il pesait seulement 318 kilogr., soit 42.5 p. 100 de perte, dont 28.5 en eau et 14 en matière sèche. Abstraction faite de l'eau, la déperdition de l'engrais atteint deux tiers du poids du fumier soumis à l'essai.

Dosage qualitatif de l'acide nitrique dans les fumiers essayés.

	3 NOVEMBRE et 5 DÉCEMBRE.	14 FÉVRIER.	30 AVRIL.	23 AOUT.
Fumier frais après 14 jours. . .	Aucune trace.	»	»	»
Fumier consommé, du fond de la fosse	Id.	»	»	»
I. Fumier frais exposé à l'air.	»	Traces nettes.	Traces nettes.	Traces nettes.
II. — à l'abri	»	Traces douteuses.	Id.	Id.
III. — répandu à l'air.	»	Traces plus nettes qu'en I.	Aucune trace.	Traces faibles.
IV. Fumier consommé, exposé à l'air	»	»	Traces nettes.	Traces plus nettes qu'en avril.

Fumier consommé exposé à l'air (IV). — La composition pour 100 du fumier consommé, calculée à l'état sec, indique que les composés solubles sont plus rapidement perdus que dans le fumier frais, traité de la même manière. Pendant la première période de froid, les matières organiques insolubles ne subissent aucune diminution, mais, dans la période suivante, la réduction s'accentue, et les éléments solubles subissent une perte notable. Les analyses démontrent ainsi (tableaux CVII et CVIII) :

a) Que le fumier gras bien consommé, s'il perd peu pendant les mois de froid non pluvieux, perd au contraire rapidement en poids et en volume pendant les mois plus chauds ;

b) Que la perte porte surtout sur les éléments solubles ;

c) Que tout en diminuant moins en poids que le fumier frais, le fumier consommé perd plus, au point de vue de la valeur intrinsèque, en raison de la plus forte proportion de matières solubles qu'il renferme. Sur 27 kilogr. de matière organique soluble au 5 décembre, il ne reste plus, 11 mois après, que 5^k,2.

TABLEAU CVII. — Composition en kilogr. pour 100 du fumier consommé (IV) exposé à l'air et essayé à diverses dates.

	ÉTAT NATUREL.					CALCULÉ A L'ÉTAT SEC.				
	5 décembre 1854.	14 février 1855.	30 avril 1855. — 5 mois.	23 août 1855. — 8 mois.	15 novemb. 1855. — 11 mois.	5 décembre 1854.	14 février 1855.	30 avril 1855. — 5 mois.	23 août 1855. — 8 mois.	15 novemb. 1855. — 11 mois.
Eau	75.42	73.90	68.93	72.25	71.55	»	»	»	»	»
Matière organique soluble [1]	3.71	2.70	2.21	1.50	1.13	15.09	10.34	7.11	5.11	3.99
— minérale —	1.47	2.06	1.68	1.10	1.01	5.98	7.89	5.11	3.96	3.67
— organique insoluble [2]	12.82	11.39	15.87	12.46	12.35	52.15	55.13	51.03	44.90	43.39
— minérale —	6.58	6.95	11.31	12.69	13.93	26.78	26.64	36.40	45.73	48.95
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	0.297	0.149	0.14	0.090	0.09	1.21	0.57	0.15	0.32	0.32
Égal à ammoniaque	0.360	0.180	0.17	0.109	0.11	1.47	0.69	0.51	0.39	0.39
2. Contenant azote	0.309	0.610	0.76	0.490	0.56	1.26	2.35	2.41	1.76	1.98
Égal à ammoniaque	0.375	0.740	0.92	0.600	0.69	1.53	2.85	2.96	2.16	2.40
Azote total	0.606	0.759	0.90	0.580	0.65	2.47	2.92	2.89	2.08	2.30
Égal à ammoniaque	0.735	0.920	1.09	0.709	0.80	3.00	3.54	3.50	2.55	2.79
Ammoniaque à l'état libre	0.016	0.015	0.006	0.013	0.003	0.189	0.057	0.018	0.017	0.012
— à l'état de sels	0.057	0.018	0.014	0.010	0.029	0.232	0.183	0.137	0.141	0.101
Total des matières organiques	16.53	17.09	18.08	13.96	13.48	67.21	65.17	58.19	50.31	47.38
— — minérales	8.05	9.01	12.99	13.79	14.97	32.76	34.53	41.81	49.69	52.62

TABLEAU CVIII. — Composition en kilogr. du tas de fumier consommé (IV) exposé à l'air et différences constatées à diverses dates.

	5 DÉCEMBRE 1854.	30 AVRIL 1855. 4 mois 25 jours.			23 AOUT 1855. 8 mois 18 jours.			15 NOVEMBRE 1855. 11 mois 10 jours.		
			DIFFÉRENCES en poids.	DIFFÉRENCES pour 100.		DIFFÉRENCES en poids.	DIFFÉRENCES pour 100.		DIFFÉRENCES en poids.	DIFFÉRENCES pour 100.
	kil.	kil.	kil.		kil.	kil.		kil.	kil.	
Poids total et pertes successives.	731	538	— 193	— 26.47	464	— 267	— 36.57	454.7	— 276.3	— 37.82
— d'eau — —	551	371	— 180	— 24 70	335	— 216	— 29.47	325.4	— 225.6	— 29.69
— de la matière sèche et pertes successives	180	167	— 13	— 1.79	129	— 51	— 7.04	129.3	— 50.7	— 6.89
Soit :										
Matière organique soluble [1]	27	12	— 15	— 2.06	7	— 20	— 2.81	5.2	— 21.8	— 3.00
— minérale —	11	9	— 2	— 0.29	5	— 6	— 0.77	4.7	— 6.3	— 0.82
— organique insoluble [2]	94	85	— 9	— 1.16	58	— 36	— 4.92	56.1	— 37.9	— 5.14
— minérale —	48	61	+ 13	+ 1.72	59	+ 11	+ 1.46	63.3	+ 15.3	+ 2.07
	180	167			129			129.3		
1. Contenant azote	2.17	0.78	— 1.39	— 0.18	0.41	— 1.76	— 0.24	0.42	— 1.75	— 0.24
Égal à ammoniaque	2.64	0.95	— 1.69	— 0.23	0.49	— 2.15	— 0.29	0.50	— 2.14	— 0.29
2. Contenant azote	2.26	4.07	+ 1.81	+ 0.24	2.26	»	»	2.56	+ 0.30	+ 0.04
Égal à ammoniaque	2.75	4.94	+ 2.19	+ 0.29	2.75	»	»	3.12	+ 0.37	+ 0.05
Azote total dans le fumier	4.43	4.85	+ 0.42	+ 0.05	2.67	— 1.76	— 0.24	2.98	— 1.45	— 0.19
Égal à ammoniaque	5.39	5.89	+ 0.50	+ 0.07	3.24	— 2.15	— 0.29	3.62	— 1.77	— 0.24
Ammoniaque à l'état libre	0.33	0.029	— 0.301	— 0.01	0.058	— 0.272	— 0.03	0.015	— 0.315	— 0.01
— à l'état de sels	0.42	0.226	— 0.194	— 0.02	0.181	— 0.239	— 0.03	0.131	— 0.289	— 0.04
Total des matières organiques	121	97	— 24	— 3.22	65	— 56	— 7.73	61.3	— 59.7	— 8.14
— — minérales	59	70	+ 11	+ 1.43	64	+ 5	+ 0.69	68.0	+ 9	+ 1.25

d) L'ammoniaque à l'état libre et à l'état de sels, a presque complètement disparu, et l'azote total s'est bien plus rapidement détruit que dans le fumier frais.

L'essai des quatre fumiers (I à IV) pour nitrates a permis de déceler seulement des traces d'acide nitrique, comme l'indique le tableau de la page 76. Dans le fumier frais primitif, de même que dans le fumier consommé prélevé au fond de la fosse, Voelcker n'a pas constaté la présence de l'acide nitrique. C'est seulement après trois mois d'exposition à l'air que des traces deviennent appréciables; mais dans le fumier III répandu à l'air, elles n'ont pu être qualitativement déterminées, sans doute à cause de l'action dissolvante des pluies.

Conclusions. — Voelcker a formulé, comme suit, les conclusions de ces essais prolongés, quant aux points qui intéressent plus spécialement les praticiens.

1. Le fumier de ferme parfaitement frais contient à peine d'ammoniaque à l'état libre.

2. L'azote s'y trouve principalement à l'état de matière azotée insoluble.

3. Les matières solubles, organiques et minérales sont d'un effet fertilisant, bien supérieur à celui des matières insolubles; c'est pourquoi il importe d'aménager les déjections liquides des animaux, et de tenir les fumiers en fosses étanches, au lieu d'en faire des tas sur les champs.

4. Le phosphate de chaux que tient le fumier frais jouit d'une solubilité remarquable.

5. Les urines des animaux ne renferment pas de phosphate de chaux en quantité appréciable, mais les liquides du fumier ou purins en contiennent en proportion notable, et, pour ce motif, doivent-ils être précieusement conservés, au lieu de les laisser écouler en pure perte.

6. La meilleure manière d'empêcher la perte des éléments fertilisants du fumier est de le charroyer, dès que les circonstances le permettent, sur les champs à engraisser.

7. Il n'y a pas de perte à craindre en tenant le fumier répandu sur le sol, du moment où celui-ci renferme de l'argile, car l'épandage arrête la fermentation et, par conséquent, le dégagement d'am-

moniaque et de produits volatils fertilisants; et, en outre, l'argile absorbe et retient les matières salines que la pluie viendrait à dissoudre.

Vœlcker n'hésite pas à recommander, pour les terres argileuses, de charrier les fumiers, de les répandre et d'attendre même six mois, s'il le faut, pour les enfouir; non pas que le fumier long, enfoui avant les gelées, n'exerce une action utile en vue de l'ameublissement du sol, et qu'il faille renoncer à cette utile pratique, mais mieux vaut de toutes manières garder le fumier répandu sur la terre qu'en tas. Pour les terres sablonneuses, l'application du fumier consommé se recommande avant de procéder à l'ensemencement.

8. Le fumier gras consommé renferme peu d'ammoniaque libre, mais beaucoup plus de matières organiques et minérales solubles que le fumier frais.

9. Il est plus riche en azote, et, poids pour poids, plus efficace que le fumier frais.

10. En fermentant, le fumier perd à l'état d'acide carbonique et d'autres produits gazeux, une portion considérable de matières organiques.

11. Si toutefois la fermentation est bien réglée, la perte ne s'étend ni à l'azote, ni aux matières salines.

12. Pendant la fermentation, des acides organiques tels que l'acide humique et l'acide ulmique et du sulfate de chaux se forment, qui fixent l'ammoniaque dégagée par la décomposition des matières azotées.

13. De même, le phosphate de chaux est rendu plus soluble que dans le fumier frais.

14. L'ammoniaque ne s'échappe pas à la surface des tas de fumier convenablement pressés, car les couches extérieures refroidies la retiennent au fur et à mesure qu'elle se forme à l'intérieur du tas; mais, en retournant les fumiers, on perd l'ammoniaque en quantités appréciables, et il importe de n'y toucher que dans les cas d'absolue nécessité.

15. Il est plus nuisible qu'utile de prolonger la fermentation du fumier au delà du temps nécessaire.

16. Plus le fumier est conservé longtemps en tas à l'air libre, plus il se détériore, et la perte est d'autant plus grande que cet état dure plus longtemps.

17. La perte en valeur fertilisante du fumier conservé en tas ne résulte pas autant de la volatilisation de l'ammoniaque qu'à l'entraînement des sels ammoniacaux, des matières organiques azotées solubles et des substances salines, par les pluies qui arrosent les tas.

18. Le fumier gras bien consommé souffre plus de l'action détériorante des pluies que le fumier frais.

19. Au point de vue pratique, tous les éléments essentiels du fumier sont conservés par sa mise à couvert; la perte d'ammoniaque est très minime, et les matières salines ne subissent aucune déperdition.

20. Lorsque les animaux sont abondamment pourvus de litière, le fumier frais qu'on retire ne renferme pas assez d'eau pour produire une fermentation active, et il devient nécessaire d'arroser de temps à autre le tas à l'abri, soit avec de l'eau, soit avec du purin. Si la paille abonde dans le fumier et que l'on ne dispose pas des moyens de l'arroser en temps voulu, il est préférable de ne pas couvrir d'un toit la fosse à fumier. Au contraire, dans les exploitations où la litière, à cause de son prix, est rare et insuffisante pour absorber les déjections liquides des animaux, il importe de couvrir la fosse.

21. Le plus mauvais procédé de préparation du fumier consiste à maintenir les animaux dans les cours ouvertes sur la litière, en raison de la perte énorme de matières fertilisantes qui s'ensuit : perte en poids et perte en qualité; l'ammoniaque, les substances organiques solubles, le phosphate de chaux et les sels de potasse étant dissous et entraînés.

Fumier de mouton conservé. — Les essais de Vœlcker sur les modifications subies par le fumier de ferme ont été poursuivis sur le fumier spécial de mouton[1]. Ce fumier, fourni par un fermier des environs de Cirencester, avait été gardé en tas depuis trois années, dans le but d'en faire un engrais pour turneps. Il était entièrement décomposé, offrant l'aspect d'une masse noire graisseuse, et une odeur plutôt terreuse qu'animale.

Le tableau CIX reproduit l'analyse complète du fumier consommé de mouton, et le tableau CX, la composition des cendres.

1. *On Farm yard manure, the drainings of dung heaps and the absorbing properties of soils.* 1857.

TABLEAU CIX. — Composition du fumier de mouton frais et conservé.

	FUMIER FRAIS.		FUMIER DE TROIS ANS.			
	État naturel.	Calculé à l'état sec.	État naturel.		Calculé à l'état sec.	
Eau	73.13	»	73.66		»	
Matière organique soluble [1]. — — insoluble	20.28	75.47	12.65		48.03	
Matière inorganique soluble. — — insoluble	6.59	24.53	13.69		51.97	
	100.00	100.00	100.00		100.00	
1. Contenant azote	0.95	3.53	0.627		2.380	
Égal à ammoniaque	1.15	4.29	0.770		2.886	
Eau	»	»		73.66		»
Matière organique soluble [2]	»	»		2.70		10.25
Silice soluble	»	»	0.801		3.097	
— insoluble	»	»	0.422		1.601	
Phosphate de chaux	»	»	0.577		2.189	
Chaux	»	»	0.104		0.405	
Magnésie	»	»	0.169		0.642	
Potasse	»	»	0.376		1.426	
Soude	»	»	0.083		0.317	
Chlorure de sodium	»	»	0.022		0.085	
Acide sulfurique	»	»	0.076		0.288	
— carbonique et perte	»	»	0.030		0.040	
Matière inorganique soluble [3]	»	»		2.66		10.09
— organique insoluble	»	»		9.95		37.78
Silice soluble	»	»	1.240		4.711	
— insoluble	»	»	6.927		26.304	
Oxydes de fer et alumine avec phosphates	»	»	1.005		3.819	
Contenant acide phosphorique	»	»	(0.543)		(2.06)	
Chaux	»	»	0.876		3.329	
Magnésie	»	»	0.317		1.196	
Potasse	»	»	0.065		0.247	
Soude	»	»	0.055		0.209	
Acide sulfurique	»	»	0.130		0.491	
— carbonique et perte	»	»	0.415		1.557	
Matière inorganique insoluble	»	»		11.03		41.88
	»	»		100.00		100.00
2. Contenant azote	»	»	0.157		0.59	
Égal à ammoniaque	»	»		0.190		0.716
3. Contenant azote	»	»	0.470		1.79	
Égal à ammoniaque	»	»		0.580		2.170
Azote total dans l'engrais	»	»	0.627		2.38	
Égal à ammoniaque	»	»		0.770		2.886
Ammoniaque à l'état libre et de sels	»	»	0.031		0.129	

TABLEAU CX. — Composition pour 100 des cendres d'un fumier de mouton, conservé trois ans.

	DOSAGE DES CENDRES		
	solubles dans l'eau.	insolubles dans l'eau.	Total.
Silice soluble	5.95	9.06	15.01
— insoluble	3.08	50.61	53.69
Oxydes de fer et alumine avec phosphates	»	7.34	7.34
— contenant acide phosphorique	»	(4.07)	(4.07)
Phosphate de chaux	4.21	»	4.21
Chaux	0.76	6.40	7.16
Magnésie	1.28	2.32	3.60
Potasse	2.74	0.47	3.21
Soude	0.61	0.40	1.01
Chlorure de sodium	0.16	»	0.16
Acide sulfurique	0.55	0.95	1.50
Acide carbonique et perte	0.07	3.04	3.11
	19.41	80.59	100.00

Comparée à celle du fumier de ferme consommé, la composition du fumier de mouton indique une teneur moindre en phosphate de chaux et surtout en potasse, mais une dose plus forte de silice et de matières terreuses insolubles dans l'eau. Il s'ensuit que, par une conservation prolongée, les plus précieux éléments du fumier de mouton ont été graduellement détruits au détriment de sa vertu fertilisante.

Ainsi, le fumier de mouton conservé pendant trois années renferme moins de matières organiques, solubles et insolubles, que le fumier de ferme consommé ; il renferme également moins d'azote, et, poids pour poids, représente un engrais moins fertilisant. Comme, d'autre part, le fumier primitif, réduit à un tiers environ de son poids initial, vaut moins que le fumier frais ; on s'explique difficilement l'utilité de la pratique qui consiste à conserver le fumier. L'analyse du fumier frais, provenant de moutons nourris de racines sur un vieux pâturage, confirme par comparaison l'absurdité de cette pratique.

d. — Ammoniaque dans le fumier.

Il a été démontré que la quantité d'ammoniaque libre, ou mieux de carbonate volatil d'ammoniaque qui se dégage du fumier frais, comme du fumier consommé, est assez insignifiante pour être négligée au point de vue pratique, et que ce n'est pas au dégagement d'ammoniaque qu'est due la perte des propriétés fertilisantes du fumier conservé au delà du temps nécessaire. Il n'y a donc pas lieu de recourir à des réactifs tels que l'acide sulfurique dilué, les dissolutions de vitriol, etc., pour fixer les composés ammoniacaux volatils du fumier. De nombreuses expériences témoignent que le dégagement d'ammoniaque qui s'opère lorsque l'on retourne les tas de fumier, et que l'on constate au papier de tournesol, cesse lorsque les tas se sont consolidés, grâce à l'interposition des couches refroidies à la surface qui retiennent l'ammoniaque provenant de la fermentation intérieure.

Les analyses précédentes du fumier de ferme mixte et du fumier de mouton révèlent la présence d'une minime quantité d'ammoniaque à l'état libre. Vœlcker l'a confirmé encore par deux essais sur du fumier de cheval.

Le premier essai a été opéré sur un fumier de cheval frais, au sortir de l'écurie, renfermant :

Eau	76.60
Matière solide	23.40
	100.00

Par une ébullition prolongée, ce fumier a laissé dégager 0.033 p. 100 d'ammoniaque, et, après addition de chaux vive, 0.062 p. 100 en plus. La teneur totale en azote atteignait 0.387 p. 100, égal à 0.469 d'ammoniaque, c'est-à-dire que, ramené à l'état sec, le fumier renfermait :

Azote.	1.655 p. 100.
Égal à ammoniaque	2.019 —

Le deuxième essai a été opéré sur du fumier chaud, prélevé au milieu d'un tas de fumier consistant surtout en litière d'écurie. Il

exhalait une odeur pénétrante d'ammoniaque et bleuissait rapidement le papier rougi de tournesol. Sa composition a été déterminée comme il suit :

Eau	68.74
Matière solide [1]	31.26
	100.00
1. Contenant azote	0.659
Égal à ammoniaque	0.800

Le dosage de l'ammoniaque libre par l'ébullition a donné 0.049 et par distillation avec la chaux vive, 0.1103 p. 100 en plus.

Ainsi dans le fumier de cheval en fermentation, la quantité d'azote est plus forte que dans le fumier frais, mais encore est-elle si minime qu'il n'y a pas lieu de la prendre en considération.

Au sujet des réactifs préconisés pour fixer l'ammoniaque des fumiers, etc., Vœlcker a examiné la poudre désinfectante Mac Dougall, consistant en sulfite de chaux, en sulfite de magnésie, mélangés avec de l'acide phénique et de la chaux. Cette poudre a été mise en essai comparativement avec de la chaux d'épuration du gaz d'éclairage mélangée de goudron, et avec un simple mélange de chaux éteinte et de goudron.

Dans un premier essai, sur trois boxes vides, chacune des poudres a fait immédiatement disparaître l'odeur caractéristique de l'étable, mais aucune n'a fixé l'ammoniaque libre. La chaux, au contraire, dans chacun des cas, a causé le dégagement de l'ammoniaque renfermée à l'état de sels ammoniacaux dans les déjections sur le sol de l'étable.

Dans le second essai, les trois poudres appliquées directement au fumier frais et au fumier consommé, tout en détruisant l'odeur, ou plutôt en la masquant, ont causé le dégagement de l'ammoniaque en faibles quantités, parfaitement appréciables.

Le troisième essai a été opéré sur des purins de fumier, sans plus de résultats; de telle sorte que Vœlcker a pu conclure expérimentalement que la poudre Mac Dougall ne fixe pas l'ammoniaque, que ses effets désinfectants ne sont dus ni au sulfite de chaux, ni au sulfite de magnésie, mais bien aux bases alcalines ; et qu'en raison

même de la présence de ces bases, l'ammoniaque, loin d'être fixée, est mise en liberté. Il se peut que les sulfites, à cause de leur grande affinité pour l'oxygène, arrêtent la décomposition des matières animales traitées par la chaux et agissent efficacement comme désinfectants, mais la quantité nécessaire de ces sulfites excéderait de beaucoup celle que comporte un procédé courant économique.

e. — Aménagement des fumiers.

Dans une conférence traitant spécialement du fumier de ferme [1], Vœlcker montre sa préférence pour la préparation du fumier en boxes, comme fournissant un produit fertilisant infiniment supérieur à celui obtenu dans les cours ouvertes, et notablement supérieur à celui que fournissent les étables et les cours toiturées. Pour le service des boxes, la litière est employée en abondance, et comme la paille est coupée en petits brins, l'urine des animaux est bien plus complètement absorbée que dans les étables; c'est pourquoi le fumier des boxes est plus riche en azote et en matières solubles. On a prétendu qu'après six mois, la litière dans les boxes d'engraissement était aussi fraîche qu'au début; c'est une erreur. Le fait est que l'incorporation des déjections animales avec la paille hachée est bien plus intime, le piétinement opéré par les bêtes consolidant la litière au point de laisser peu d'accès à l'air; mais il y a assez d'air pour que la fermentation lente et uniforme s'établisse sans perte d'ammoniaque et de matières solubles.

Là où le système des boxes n'est pas applicable, il convient de produire le fumier en lieu couvert, de ne pas le garder plus longtemps que de besoin et de le charrier le plus tôt possible sur les champs à fumer.

Le fumier obtenu dans les cours ouvertes est de qualité inférieure; les animaux ainsi parqués étant principalement nourris de paille hachée et accidentellement de racines. Une fosse étanche pour recevoir de pareils fumiers serait inutile, d'autant plus que les bêtes tirent à peine de la nourriture qu'elles reçoivent ce qui est nécessaire

1. *On Farm yard manure. Lecture I. Four lectures on agricultural chemistry.* London, 1857.

pour leur alimentation et que les déjections sont dépourvues des matières azotées et minérales qui résultent d'une nourriture copieuse et rationnelle. C'est de toutes manières une pratique condamnable que de garder des vaches laitières et des bêtes à l'engrais dans des cours ouvertes.

Si le fumier ne peut être préparé et conservé dans les boxes, il importe de le tenir en fosse couverte. Il y a des exceptions à cette règle. Ainsi, à Cirencester, où la litière est abondante, la pluie qui tombe dans l'année n'est pas de trop pour convertir la paille en engrais et il n'y a pas lieu de mettre la fosse sous toiture ou sous abri.

Quoi qu'il en soit, comme il est plus nuisible qu'utile de prolonger la fermentation des fumiers au delà du temps nécessaire, il importe de les charrier dès qu'ils sont à point et de les répandre sur les champs, plutôt que de les mettre en tas, en les laissant soumis à l'action des pluies.

Pour ce qui est de l'époque la plus convenable pour l'enfouissement du fumier, la nature du sol doit avant tout servir de guide. D'une manière générale, l'enfouissement à l'automne est bien préférable à celui qui se fait au printemps, même sur les terres de consistance moyenne. Dans les sols argileux compacts, il n'y a pas à hésiter à fumer à l'automne, avant les gelées, car on obtient ainsi le double effet de l'action chimique fertilisante et de l'action mécanique, en vue de l'ameublissement de la couche arable. Pour les raisons inverses, l'application du fumier au printemps dans les terres légères, sablonneuses, est justifiée.

f. — Essai et composition des purins de fumier.

Les fumiers sont le plus souvent mal aménagés, malgré toutes les recommandations. Dans bien des localités en Angleterre, surtout dans les comtés de Devon et de Gloucester, il est d'usage de déposer les fumiers en tas, le long des routes, parfois sur les talus inclinés, et de les y tenir longtemps exposés aux intempéries, avant de les répandre ou de les enfouir. Ailleurs, le fumier demeure dans les cours ouvertes où il est lavé par la pluie. Or, les liquides, de couleur plus ou moins foncée, qui s'écoulent ainsi avec les eaux plu-

viales, ont une grande richesse fertilisante, et leur entraînement est une cause de perte appréciable pour le fumier. Que ces liquides soient dilués ou concentrés, leur caractère général est le même, ce dont Vœlcker s'est assuré par des analyses spéciales [1].

1er Essai. — Le premier liquide examiné par Vœlcker provenait d'un tas de fumier mixte bien consommé (fumier de cheval et de bêtes à l'engrais tenues en boxes, mélangé de fumier de moutons parqués). Il avait été recueilli par un temps pluvieux, c'est-à-dire très dilué. Sa couleur était brun foncé. Il ne contenait ni hydrogène sulfuré, ni ammoniaque à l'état libre, demeurait neutre au papier de tournesol ; mais, par l'ébullition, il laissait dégager de l'ammoniaque libre et du gaz acide carbonique en abondance, résultant en grande partie des bicarbonates. Par l'addition de quelques gouttes d'acide chlorhydrique, le liquide entrait en effervescence avec une odeur des plus fétides, mais sans trace d'hydrogène sulfuré. Chauffé jusqu'à évaporation, le liquide acidifié laissait se déposer une substance floconneuse brune, formée d'un mélange d'acides humide et ulmique qui résultent de la décomposition des matières organiques de la paille et des excréments. Combinés avec la potasse, la soude et l'ammoniaque, ces acides constituent des sels de couleur foncée et solubles ; combinés avec la chaux, la magnésie, les bases terreuses et métalliques, ils donnent naissance à des sels insolubles dans l'eau. La coloration du jus de fumier fournit ainsi un indice de la présence des trois alcalis combinés avec les acides de l'humus.

Bien que l'affinité des acides humiques pour l'ammoniaque soit assez puissante pour empêcher que ce composé ne s'échappe à la température ambiante ordinaire, il suffit que la température s'élève faiblement pour que le dégagement s'opère. Le bicarbonate de chaux se décomposant, les acides humiques s'unissent à la chaux du carbonate neutre, en abandonnant l'ammoniaque avec laquelle ils étaient combinés.

Un autre point digne d'intérêt en ce qui concerne les jus de fumier et qui semble anormal, bien que facile à expliquer, c'est que ces jus, tout en étant parfaitement neutres au papier de tournesol,

---

1. *On Farm yard manure, the drainings of dung heaps,* etc. Juin 1857.

peuvent être additionnés d'une certaine dose d'acide, sans devenir pour cela acides. Ainsi, une goutte d'acide chlorhydrique concentré versée dans un demi-litre d'eau distillée, accuse une réaction acide sensible au papier réactif; mais 50 gouttes du même acide, ajoutées à un demi-litre de purin, tout en donnant lieu à une forte effervescence avec dégagement de gaz nauséabonds et formation d'un précipité floconneux brun foncé, laissent le liquide surnageant, de couleur pâle, absolument neutre au même papier réactif.

TABLEAU CXI. — Composition en grammes par litre du purin de fumier mixte consommé (1er essai).

	1er ESSAI.		
	Purin de fumier mixte consommé.		
	gr.	gr.	gr.
Matière solide totale	»	»	8.914
Matières minérales (cendres)	»	»	5.260
Composés volatils et combustibles.			
Ammoniaque expulsée par l'ébullition	0.515	0.560	
— à l'état de sels décomposés par la chaux	0.045		
Acides humique et ulmique	»	1.789	5.640
Acide carbonique chassé par ébullition	»	1.257	
Autres matières organiques renfermant azote $0^{gr},051$	»	2.034	
Matières minérales (cendres).			
Silice soluble	»	0.021	
Phosphate de chaux avec un peu de phosphate de fer	»	0.226	
Carbonate de chaux	»	0.499	
— de magnésie	»	0.365	5.260
Sulfate de chaux	»	0.062	
Chlorure de sodium	»	0.651	
— de potassium	»	1.005	
Carbonate de potasse	»	2.431	
Total par litre			10.900

En ajoutant 50 autres gouttes d'acide chlorhydrique, la réaction devient acide et le précipité augmente. Recueilli sur un filtre et

desséché à 100° centigr., ce précipité représentait par litre 1gr,79 d'acides humique et ulmique.

Ces acides organiques insolubles dans l'eau étant combinés dans le purin avec les alcalis, il arrive que, lorsque l'on ajoute la première quantité d'acide chlorhydrique, cet acide est neutralisé par les alcalis, et les acides humiques mis en liberté, étant insolubles dans l'eau, n'affectent pas le papier réactif.

Le tableau CXI reproduit la composition en grammes par litre des composés volatils et combustibles, ainsi que des matières minérales que renferme ce purin. Il en résulte :

a) Que ce purin contient beaucoup d'ammoniaque qu'on ne saurait laisser perdre;

TABLEAU CXII. — Composition en grammes par litre du purin de fumier mixte frais (3e essai).

	3e ESSAI. Purin de fumier frais mixte.	
	gr.	gr.
Matières organiques [1]	»	10.222
Ammoniaque à l'état d'humates et d'ulmates	»	0.216
Matières minérales (cendres) [2].	»	8.924
Total des matières solides par litre de purin		19.362
1. Contenant azote	0.443	»
Égal à ammoniaque	0.537	»
2. *Matières minérales* (*cendres*).		
Silice	0.136	
Phosphate de chaux et de fer	1.036	
Carbonate de chaux	0.849	
Sulfate de chaux	0.203	8.924
Carbonate de magnésie	0.142	
— de potasse	4.240	
Chlorure de potassium	0.866	
— de sodium	1.452	

b) Qu'il contient également du phosphate de chaux, un élément

qui ne se trouve pas dans l'urine des animaux; d'où il suit que, par la fermentation du fumier, une partie des phosphates devient soluble et peut être lavée par les eaux.

c) Qu'il est riche en sels alcalins et surtout en sels de potasse.

La perte du purin correspond ainsi à celle de l'ammoniaque, de la matière organique soluble, des phosphates, des sels de potasse et d'autres substances minérales non moins précieuses pour les récoltes.

2e Essai. — Le jus du fumier ayant servi au second essai n'avait pas une couleur aussi foncée que le premier. Tout en étant neutre au papier réactif, il a laissé dégager de l'ammoniaque par l'ébullition et l'addition de chaux vive. L'acide chlorhydrique y causa un précipité brun foncé, floconneux, d'acides humiques moins volumineux que dans le premier essai. On détermina seulement la matière solide par litre, à cause du volume insuffisant de purin; elle fut trouvée de 5^gr,040.

3e Essai. — Le jus soumis au troisième essai provenait d'un mélange de fumier de cheval, de vaches et de porcs. Il était beaucoup plus foncé, étant plus concentré que les précédents, et d'une odeur fétide, bien qu'il ne contînt pas d'hydrogène sulfuré. Neutre au papier réactif, il donna par l'ébullition un dégagement d'ammoniaque plus faible que dans les deux premiers essais.

Le tableau CXII reproduit la composition de la matière solide de ce purin, en grammes par litre.

On remarquera que le purin analysé renferme non seulement près du double de matière solide par rapport à celui du premier essai, mais que la composition de cette matière diffère par plusieurs points essentiels. Ainsi, malgré le degré de concentration du jus, l'ammoniaque à l'état de sels ammoniacaux y est à dose moitié moindre que dans le premier jus, ce qui confirme la présence d'une plus forte proportion d'ammoniaque dans les liquides s'écoulant de fumiers en décomposition, que dans ceux provenant de fumiers frais. En outre, le purin dans le premier essai renferme l'ammoniaque presque en totalité à l'état de sels ammoniacaux, tandis que pour ce purin, elle est contenue en plus grande partie dans les matières organiques solubles. Dans les deux cas, l'azote est susceptible ainsi de se perdre par l'entraînement des eaux pluviales.

L'essai pour acide nitrique en a décelé la présence dans les deux purins. Réduit à de simples traces de nitrate dans le jus du fumier frais, cet acide était en proportion parfaitement dosable dans le jus du fumier consommé.

Les rapports entre les matières organiques et inorganiques des deux purins diffèrent notablement, en ce sens que dans le jus du fumier consommé la quantité de matières minérales excède celle des matières organiques, et dans le jus du fumier frais, c'est l'inverse.

Il s'ensuivrait que dans la première période de la décomposition du fumier, lorsque la fermentation est active, les éléments tendent de plus en plus à devenir solubles, ce qui explique l'accroissement des matières organiques solubles dans l'engrais. Dès que la fermentation se ralentit et cesse, d'autres profondes modifications se produisent, dues à une oxydation lente mais continue, que Liebig a désignée sous le nom d'*Eremacausis*, ou de combustion aboutissant à la destruction. La formation de l'acide nitrique dans ces matières organiques en putréfaction n'a pas été suffisamment étudiée quant aux circonstances où elle a lieu.

Les matières minérales sont les mêmes dans les jus du fumier frais ou du fumier gras; on y trouve des phosphates solubles, de la silice soluble, des sels alcalins et surtout du carbonate de potasse; plus de 4 grammes par litre.

Nous renvoyons au livre premier pour les essais d'absorption par différents sols des purins de fumier dont nous avons donné l'analyse.

B. — *Engrais liquide.*

L'épandage des engrais liquides fournis par les déjections de l'homme et des animaux domestiques, est pratiqué de temps immémorial à l'aide de procédés d'une grande simplicité, dans les Flandres, en Alsace, en Suisse, en Italie, et avec un succès qui ne s'est pas démenti, surtout sur les sols relativement stériles dont la transformation a été complète, aussi bien qu'au point de vue de certaines récoltes et cultures spéciales.

Il y a une quarantaine d'années, le système tubulaire, destiné à

arroser souterrainement les terres en culture, a été soumis pour la distribution des engrais liquides à de nombreux essais, tant en Angleterre qu'en Écosse. A la suite des installations et des résultats dus à l'application qu'ont faite de ce système d'éminents agronomes, tels que J. Kennedy et Telfer, dans le comté d'Ayr; Thompson, dans le Lancashire; Harvey, à Glasgow; Mechi, à Tiptree-farm (Essex), etc., la fumure à l'engrais liquide devint l'objet de l'engouement général. Malheureusement, dans certaines exploitations, les résultats ne furent pas aussi brillants; dans d'autres, l'échec fut absolu, et on dut reconnaître que certaines terres ne tirent aucun profit de l'application de l'engrais liquide.

Indépendamment des dépenses qu'entraîne le système tubulaire, comme moteur, comme réservoirs, comme canalisation et qui sont du ressort de l'ingénieur, il appartient au chimiste agricole de rechercher les principes sur lesquels se fonde le succès de l'application de l'engrais liquide dans certains cas, et les causes du succès partiel ou de l'insuccès dans d'autres cas déterminés. Est-ce sous la forme liquide que les éléments fertilisants sont plus aptes à assurer le plein développement des récoltes? Est-il démontré que les parties des engrais qui sont immédiatement solubles dans l'eau sont aussi les plus assimilables pour certaines plantes et pour toutes les plantes, sous tous les climats et dans tous les sols? C'est le premier point à élucider, avant de décider s'il convient de ramener les engrais de la ferme à l'état liquide et de les répandre par des moyens coûteux comme premier établissement, et fournissant finalement une économie, à cause du bas prix de revient du transport et de la distribution dans le sol des éléments de fertilité.

Vœlcker s'est borné à l'examen du premier point, en ce qui concerne l'opportunité de l'introduction du système dans une exploitation rurale courante.

L'engrais liquide est une appellation vague qui s'applique indistinctement aux urines et au mélange des déjections solides humaines (vidanges, engrais flamand, etc.), aux déjections des animaux de la ferme, mélangées et additionnées d'eau (gulle, lizier, etc.), ou encore aux eaux vannes des villes et des grands établissements. Sa composition varie beaucoup, naturellement, suivant les matières qui

le constituent et avec le degré de concentration et de fermentation des liquides en mélange.

Sous la dénomination d'engrais liquide, Vœlcker a déterminé la composition des déjections recueillies par écoulement dans diverses fermes, qui se caractérisent également par une odeur pénétrante et fétide, et par une coloration plus ou moins foncée [1].

1. *Engrais liquide de la ferme de Westonbirt,* près de Tetbury (Gloucester). — Le réservoir contenant cet engrais venait d'être construit, de façon à être parfaitement étanche et abrité contre la pluie et contre l'évaporation. Il recevait régulièrement les écoulements des écuries et renfermait peu d'urines en dehors de celles des chevaux.

En mettant la pompe en mouvement, on commençait par recueillir une écume blanchâtre; puis venait le liquide brun verdâtre, fortement odorant, susceptible par l'agitation de se mettre en mousse, avec dégagement d'ammoniaque.

A la température de 16°6 centigr., l'engrais avait une pesanteur spécifique de 1.006.

La composition par litre de la matière solide contenue dans cet engrais est reproduite colonne 1 du tableau CXIII. La composition centésimale de la matière minérale figure également colonne 1, dans le tableau CXIV suivant.

On remarquera que la teneur en ammoniaque est très élevée, et qu'on peut s'attendre d'un pareil engrais à une action fertilisante puissante, surtout sur des terres en prairie. Mais le carbonate d'ammoniaque étant caustique et par cela même trop énergique pour la végétation, il y a lieu d'étendre l'engrais de trois ou quatre fois son volume d'eau avant de l'appliquer. La plus grande partie de l'azote qui existait dans l'urine des chevaux à l'état d'urée a été convertie en carbonate d'ammoniaque. L'urée étant formée de deux équivalents de carbone, deux d'oxygène, deux d'azote et quatre d'hydrogène, n'a besoin que des éléments de quatre équivalents d'eau pour se transformer en deux équivalents de carbonate d'ammoniaque.

Comme le carbonate est volatil et se dégage même des liquides

1. *On liquid manure.* Décembre 1858.

TABLEAU CXIII. — Composition de divers engrais liquides.

	FERME de Westonbirt.	FERME de Badminton.	FERME du collège de Cirencester.		FERME DE TIPTREE-HALL.	
			1857.	1858.	Engrais clair.	Engrais trouble.
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Pesanteur spécifique à 16°6	1.006	1.007	»	1.0014	1.0006	1.001
Composition par litre.	Grammes.	Grammes.	Grammes.	Grammes.	Grammes.	Grammes.
Eau	992.492	991.266	997.946	997.898	999.538	998.595
Ammoniaque et composés volatils	1.545	0.162	0.328	0.507	0.018	0.040
Matière solide { organique	2.216 } 5.963	3.411 } 8.572	0.672 } 1.726	0.293 } 1.595	0.108 } 0.414	0.715 } 1.365
Matière solide { minérale	3.747	5.161	1.054	1.302	0.306	0.650
	1000.000	1000.000	1000.000	1000.000	1000.000	1000.000
Azote total par litre (grammes)	1.349	0.262	0.312	0.439	0.017	0.061
Égal à ammoniaque	1.627	0.318	0.380	0.532	0.057	0.078
Composition pour 100 de la matière solide.						
Matières organiques	37.16	39.79	38.91	18.40	26.38	52.41
Contenant azote	(1.14)	(1.49)	(2.50)	(1.33)	(1.78)	(2.27)
Égal à ammoniaque	»	»	(3.04)	»	(2.16)	(2.75)
Matières minérales	62.84	60.21	61.06	81.60	73.62	47.59
Silice soluble	0.59	1.66	0.95	2.09	5.77	6.75
— insoluble	»	»	»	»	2.60	15.84
Oxyde de fer	0.16	0.11	»	»	»	2.16
Chaux	1.28	4.19	10.75	10.26	15.18	6.90
Magnésie	0.70	2.55	1.37	2.57	6.11	0.81
Potasse	21.82	18.67	11.08	15.06	4.49	0.36
Chlorure de potassium	17.21	12.97	6.36	2.45	3.79	2.03
— de sodium	4.10	7.65	14.25	36.07	18.73	5.02
Acide phosphorique	0.61	1.58	1.91	4.32	8.10	3.88
— sulfurique	5.53	6.20	2.81	3.52	7.37	2.02
— carbonique	8.01	4.63	11.58	5.26	1.48	0.52
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

dilués, il convient de le fixer par l'addition d'acide sulfurique dans le réservoir, pour obtenir du sulfate d'ammoniaque moins caustique et plus précieux comme fertilisant.

D'après l'analyse des cendres, on reconnaît que les matières minérales sont très riches en sels de potasse, bicarbonate, chlorure et sulfate ; mais l'acide phosphorique est faiblement représenté, ce qui explique, vu la forte dose d'ammoniaque, les effets de l'engrais liquide qui développe l'herbe et la paille au détriment de la succulence et du grain. Aussi, ne doit-il être employé que comme complément d'engrais phosphatés, tels que la poudre d'os et les superphosphates.

TABLEAU CXIV. — Composition pour 100 de la matière minérale dans divers engrais liquides.

	FERME de Weston-birt.	FERME de Badmin-ton.	FERME DU COLLÈGE de Cirencester.		FERME de Tiptree-Hall.	
			1857.	1858.	Engrais clair.	Engrais trouble.
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Silice soluble	0.95	2.76	1.56	2.57	7.84	14.20
— insoluble	»	»	»	»	3.54	33.30
Oxydes de fer	0.27	0.19	»	»	»	5.18
Chaux	2.04	6.96	17.59	12.58	20.62	14.50
Magnésie	1.13	4.24	2.24	3.15	8.31	3.80
Potasse	39.51	31.02	18.14	18.54	6.11	0.77
Chlorure de potassium	27.40	21.55	10.43	3.01	5.16	4.28
— de sodium	6.54	12.72	23.34	41.21	25.45	10.56
Acide phosphorique	1.03	2.63	3.12	5.30	11.01	8.17
— sulfurique	8.49	10.39	4.62	4.32	10.02	4.26
— carbonique	12.64	7.54	18.96	6.32	1.94	0.98
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

2. *Engrais liquide de la ferme de Badminton* (duc de Beaufort). — L'engrais, recueilli depuis quelques années dans le réservoir de la ferme, avait une couleur beaucoup plus foncée que le précédent et contenait beaucoup plus de matière organique. Il était à peu près

neutre au papier réactif, exhalait une odeur moins nauséabonde que celui de Westonbirt, et dégageait des vapeurs d'ammoniaque par l'ébullition. Cet engrais provenait des liquides d'écoulement des étables et des cours de la ferme.

Par l'analyse figurant colonne 2 (tableaux CXIII et CXIV), on constate que l'engrais liquide de Badminton, quoique plus riche en matières solides et surtout en matière organique, renferme beaucoup moins d'ammoniaque que l'engrais nº 1, ce qui ne saurait s'expliquer par la différence de teneur entre l'urine des vaches et celle des chevaux, mais bien parce que le réservoir, étant à découvert, le carbonate d'ammoniaque s'est évaporé. Il eût fallu le fixer par l'acide sulfurique.

Du reste, les matières organiques laissées par l'évaporation et les matières minérales après incinération, offrent les mêmes caractères que dans l'engrais de Westonbirt : teneur élevée comme sels de potasse ; défaut d'acide phosphorique.

3 et 4. *Engrais liquide de la ferme du collège royal agricole de Cirencester* (*1857 et 1858*). — La citerne à engrais liquide du collège, située à proximité de la fosse à fumier, reçoit les jus des fumiers, les liquides des étables, les eaux vannes du collège, le sang, les issues et les carcasses des animaux tués sur la ferme. L'odeur, notamment en été, est fétide, à cause du dégagement de l'hydrogène sulfuré.

Les terrains dépendant du collège renfermant beaucoup d'argile, malgré la présence des pierres calcaires et du gravier, n'ont ressenti aucun effet utile de l'application directe de cet engrais. Aussi l'emploie-t-on de préférence à l'arrosage des fumiers très pailleux, provenant de l'exploitation.

Comparé aux deux précédents, l'engrais de Cirencester, recueilli en 1857 (colonne 3 des tableaux CXIII et CXIV), renferme beaucoup moins de matière solide ; mais, malgré sa dilution, la teneur en ammoniaque est plus du double de celle de l'engrais nº 2.

L'année suivante, un échantillon du même engrais fut analysé, pour juger des variations dans la composition. Les caractères extérieurs étaient les mêmes qu'en 1857 ; mais la teneur en matière organique était moitié moindre, bien que la proportion d'azote fût

plus élevée. La quantité de matières minérales, y compris l'acide phosphorique et le chlorure de sodium, est plus forte en 1858. Le chlorure de sodium et la potasse, dont les chiffres sont très considérables, ont été dosés à plusieurs reprises, de crainte d'erreur. Il est difficile d'expliquer la présence du sel à cette dose, autrement que par une cause fortuite, due à des résidus salés jetés dans la citerne.

5 et 6. *Engrais liquide de Tiptree-Hall* (Essex). — Dans la ferme de Tiptree-Hall, exploitée par Mechi, les déjections solides et liquides sont enlevées des planchers des étables par l'eau qui coule dans le caniveau central. Le liquide, à odeur pénétrante, est très trouble. Vœlcker a examiné séparément la partie limpide de couleur jaune, qui surnage, et la partie trouble et boueuse.

Dans les colonnes 5 et 6 (tableaux CXIII et CXIV) sont donnés les résultats de l'analyse de l'engrais liquide, limpide et trouble, et des matières minérales.

La caractéristique de cet engrais est indiquée par la teneur en chaux et en acide phosphorique. L'incorporation des excréments solides dans la citerne explique la proportion d'acide phosphorique dont les combinaisons insolubles sont rendues solubles par la fermentation. Les urines ne renferment pas cet acide. Malgré cela, l'engrais liquide (n° 5) renferme si peu de matières fertilisantes et notamment d'azote, qu'on se demande si son application peut avoir le moindre effet utile. M. Mechi n'en a pas moins affirmé que l'effet est remarquable sur les terres de sa ferme. Il reste à savoir si l'irrigation ordinaire ne donnerait pas les mêmes résultats.

Dans la partie boueuse de l'engrais de Tiptree-Hall (n° 6), la proportion des matières organiques et minérales est bien plus élevée que dans la partie liquide, mais sans que cela ajoute sensiblement à sa valeur fertilisante, puisque l'azote total par litre est seulement de $0^{gr},064$. La teneur en acide phosphorique est bien inférieure à celle des engrais 1, 2 et 4, et la teneur en sels de potasse est insignifiante par rapport à celle des mêmes engrais.

Le calcul basé sur la composition de l'engrais liquide de Tiptree-Hall montre que 225 mètres cubes de cet engrais ne renferment pas plus d'éléments fertilisants que 100 kilogr. de guano du Pérou, à 16 ou 18 p. 100 d'ammoniaque. Or, d'après les calculs de Mechi,

l'épandage de 225 mètres cubes d'engrais liquide représente une dépense de 45 fr., à raison de 0 fr. 20 par mètre cube[1], tandis que 100 kilogr. de guano pouvaient s'acheter (à cette époque) à raison de 35 fr. Si sur certains sols le coût de la fumure liquide peut s'élever davantage encore sans inconvénient, du moins, dans un grand nombre de cas, une pareille dépense serait ruineuse.

Toutefois, la question de l'application de l'engrais liquide ne doit pas être envisagée uniquement sous le rapport de la nature et de la quantité des éléments fertilisants qui entrent dans sa composition, mais bien aussi d'autres circonstances qu'il convient d'examiner.

Sans revenir sur les détails et les conclusions des essais de Vœlcker, rapportés dans le livre premier, quant à l'absorption de l'engrais liquide par des sols de nature et de composition différentes, nous rappellerons ici que cet engrais produit les meilleurs effets sur des terres légères, profondes et sablonneuses, reposant sur un sous-sol perméable. Quelque pauvres que soient ces terres, et les sables de la Flandre le témoignent d'une façon éclatante, elles sont susceptibles, par des applications réitérées de l'engrais liquide, de porter les plus belles récoltes. Plus le sol est pauvre naturellement, le sous-sol étant perméable ou bien drainé, plus les résultats dus à l'engrais liquide sont frappants.

Des sols sablonneux comme ceux des environs de Cirencester, que Vœlcker a soumis à l'essai de filtrage de l'engrais liquide, dans lesquels l'acide phosphorique fait à peu près défaut, où la chaux est à peine représentée et la potasse, la soude et la magnésie s'élèvent ensemble à un demi pour 100, sont avides d'engrais renfermant relativement peu de matières fertilisantes, mais qui, distribués uniformément, apportent ces matières à l'état immédiatement assimilable aux racines des plantes, et augmentent ainsi leur stock de nourriture dans le sol.

Les divers engrais liquides dont la composition a été déterminée sont, pour la plupart, sauf en ce qui regarde l'ammoniaque, de médiocres fertilisants, incapables de produire des résultats appréciables

1. Voir *Report on the means of deodorising and utilising the sewage of towns*, by H. Austin. London, 1857-8.

sur des terres naturellement fertiles; mais sur des sols sablonneux, légers, dépourvus de chaux, de magnésie, d'acide phosphorique, etc., il en est autrement. Ces engrais seraient plus concentrés que ne l'indique l'analyse, qu'il n'y aurait pas dans de pareils sols de quoi contrecarrer les effets nuisibles causés par un excès de nourriture azotée; c'est pourquoi il importe qu'ils soient étendus d'eau ou dilués, afin qu'ils puissent pénétrer une masse plus grande de sol et le saturer aussi complètement que possible des matières lui faisant défaut, mais présentes dans l'engrais à l'état immédiatement assimilable. D'ailleurs, l'état perméable et homogène de ces terres sablonneuses fait que l'humidité variant considérablement suivant la saison, la couche arable se dessèche plus profondément en été, par les temps secs, et reste plus accessible à l'action atmosphérique.

Dans les terres argileuses, au contraire, qui sont généralement pourvues des substances minérales contenues dans les cendres des végétaux cultivés, et qui possèdent la propriété d'absorber et de retenir l'ammoniaque de l'atmosphère, en même temps qu'elles s'enrichissent des détritus organiques des récoltes, c'est-à-dire de substances azotées, ce n'est pas l'application de l'engrais liquide, quelque concentré qu'il soit, qui peut modifier utilement leur valeur productive. Il est vrai que le fumier de ferme, sur ces mêmes terres, donne de bons résultats; mais, outre que le fumier, contenant des phosphates solubles et insolubles, est un fertilisant plus complet que l'engrais liquide, il agit mécaniquement, par son volume, dans le rayon restreint où s'étendent les racines qui ne peuvent pas, comme dans les terres légères et friables, pivoter aussi profondément. En d'autres termes, dans les terres fortes, pauvres ou riches en matières minérales, l'engrais liquide est perdu pour la plus grande partie, à cause de la texture et de la compacité, aussi bien que de l'humidité naturelle de la couche arable. Or, l'excès d'eau est autant à éviter par les temps pluvieux, quand la terre est déjà saturée, que par les temps secs, quand les fissures facilitent l'écoulement rapide vers le sous-sol.

Si dans certaines exploitations de sols argileux, l'engrais liquide a été utilement appliqué, contrairement aux observations qui viennent d'être résumées, c'est qu'ils avaient été drainés à fond, sous-

solés, profondément cultivés, écobués ou chaulés, c'est-à-dire physiquement modifiés par la culture. M. Smith, de Lois Weedon, quoi qu'on pense de son système, a eu du moins le mérite, par ses expériences prolongées et son infatigable persévérance, de démontrer que certaines terres argileuses, à l'aide de façons culturales incessantes, pouvaient être amenées en condition de produire des récoltes de froment pendant une suite d'années avec un réel profit. Aussi, le succès obtenu sur des sols ainsi travaillés dépend-il plutôt des améliorations mécaniques que de l'application de l'engrais liquide.

Comme conclusion, Vœlcker recommande l'emploi du mélange des déjections liquides et solides avec un volume d'eau suffisant pour l'arrosage des terres sablonneuses, perméables et naturellement infertiles. Si l'eau en abondance peut être facilement obtenue et que l'irrigation puisse se pratiquer sans machines élévatoires et sans installation de conduites coûteuses, l'engrais liquide fournit un moyen efficace et économique de fumure.

Mais beaucoup d'autres considérations influent sur l'adoption de cette pratique, telles que le volume d'engrais liquide, dont on dispose annuellement ; le régime d'exploitation ; si les bêtes en stabulation sont à l'engrais ou en élevage ; si les terres sont labourables ou en pâturage ; si elles sont fortes ou légères ; si la paille est abondante pour la litière, ou rare, etc. Il ne saurait donc y avoir de règle générale pour l'utilisation de l'engrais liquide sous telle ou telle forme.

Utilisation des engrais liquides de la ferme. — En résumé, les déjections liquides des animaux de la ferme, là où l'irrigation n'est pas profitable, peuvent être utilisées :

1° Soit en les faisant complètement absorber par la litière dans les boxes ;

2° Soit en les réunissant par une canalisation desservant les vacheries, les écuries, les porcheries, dans une citerne à proximité de la fosse couverte à fumier ;

3° Soit en amenant dans la citerne, également à proximité de la fosse à fumier, les purins des étables, les eaux vannes des bâtiments d'habitation, les eaux d'écoulement et les détritus animaux de toute nature.

Les citernes, dans ces deux cas, sont munies de pompes permettant d'arroser le fumier avec le liquide.

C'est la provision disponible de paille qui détermine le choix de l'un des trois modes d'utilisation des déjections liquides. Si le fermier n'a pas d'animaux en élevage et qu'il dispose de paille en assez grande quantité pour les bêtes à l'engrais et les chevaux de travail, le meilleur mode consiste à utiliser les déjections solides et liquides en mélange dans les boxes. Si le fermier dispose de trop peu de paille pour maintenir la totalité des animaux en boxes, il conviendrait qu'il dirigeàt les urines par une canalisation spéciale dans une citerne étanche, située près de la cour à fumier, et abritée par un toit surhaussé, de façon à laisser le vent jouer librement, et à écarter les eaux pluviales. L'urine ainsi concentrée, en mélange avec un peu d'excréments solides, fermenterait rapidement et perdrait son ammoniaque par évaporation si on ne prenait le soin d'y verser de temps en temps une petite quantité d'acide sulfurique. Le fumier étant gardé ainsi en fosse, dont la sole inclinée communique par une conduite avec la citerne, il sera facile d'arroser de temps à autre le fumier sans qu'il se sature d'eau qui arrêterait la fermentation. Cette disposition est particulièrement importante pour les fermes où, faute de litière abondante, le fumier est très aqueux. Du reste, dans ce cas, la quantité de matières absorbantes peut être accrue à l'aide de cendres de houille, de sciure de bois, et même de terre sèche, en mélange avec le fumier.

Quand il y a trop de paille pour pouvoir l'utiliser dans les boxes ou la réaliser en argent, il devient facile de faire absorber les purins et les eaux vannes par l'excès de paille, sans recourir à l'épandage, ni à la mise sous abri des fosses à fumier.

C. — *Eaux d'égout* (*sewage*).

C'est à la suite des modifications apportées par le *Board of health* dès 1848, dans la législation sanitaire, que la plupart des villes de l'Angleterre ont changé leur régime d'assainissement, en supprimant les fosses d'aisance pour laisser les matières fécales s'écouler dans les égouts ; en canalisant la surface aussi complètement que possible par un réseau d'égouts ventilés et à pente rapide, enfin, en amenant

l'eau à profusion dans les habitations, et des habitations, dans les égouts. Une des conséquences du nouveau régime qui imposait le lavage et la propreté, au lieu de miasmes à demeure et de la stagnation dans les villes, fut que les cours d'eau dans lesquels se déchargent les liquides impurs du réseau souterrain, ne tardèrent pas à être infectés et empoisonnés. De là, une agitation considérable dans le pays, ayant donné naissance à de nombreuses enquêtes publiques et finalement à des lois pour la protection des cours d'eau par lesquelles il est interdit aux villes d'y rejeter les eaux animalisées, sans les avoir épurées par défécation ou par filtrage, à moins qu'elles ne les utilisent par irrigation sur le sol. Nous avons ailleurs retracé les phases de ce mouvement qui a si vivement préoccupé les autorités municipales, les agriculteurs et le Parlement en Angleterre pendant ces trente dernières années[1], et décrit les procédés mis en pratique pour satisfaire aux prescriptions de la loi sous le rapport de la salubrité, tout en cherchant à réaliser la valeur des matières fertilisantes contenues dans le *sewage*.

La détermination de cette valeur, aussi bien que le choix du meilleur mode d'utilisation des eaux d'égout, ont fait l'objet de nombreuses recherches d'essais ou d'applications du plus haut intérêt, de la part des chimistes, des hygiénistes et des agronomes de l'Angleterre. Il nous suffira de citer parmi eux le professeur Hoffmann, le Dr Letheby, le Dr Vœlcker, Sir J. B. Lawes et le Dr Gilbert, les ingénieurs Rawlinson, Denison, Bailey Denton, Baldwin Latham, W. Hope, et MM. Frankland et Morton, appelés à formuler leur avis dans la plupart des enquêtes, ou bien chargés des analyses et des expériences relatives à l'emploi en agriculture des eaux vannes et du *sewage* des villes.

1. — Irrigation.

Pour nous en tenir à la part importante que Vœlcker a prise dans la discussion des projets et des résultats de l'application agricole des

1. *De l'Utilisation des eaux d'égout en Angleterre,* par A. Ronna. Paris, 1866. — *Égouts et irrigations,* id. Paris, 1874. — *Irrigation ou épuration chimique,* id. Reims, 1878.

eaux d'égout, nous rappellerons qu'à la suite de ses importantes recherches sur le pouvoir absorbant des sols, il eut pour la première fois à témoigner devant la commission d'enquête parlementaire de 1862, présidée par le Dr Brady[1], sur la nécessité de poursuivre des expériences, dans le but d'établir la valeur agricole et le meilleur mode d'utilisation du sewage. Dans sa déposition, conforme à ses conclusions sur l'emploi des purins, Vœlcker maintient que le sewage peut être avantageusement employé en irrigation sur les terres légères et perméables, mais non sur les terres fortes argileuses que la culture n'a pas ameublies. Si l'état du sol par le drainage, le sous-solage ou les labours profonds, n'est pas amené mécaniquement au point voulu pour assurer le filtrage rapide et l'absorption des principes fertilisants contenus dans le sewage, il n'y a que des pertes à subir dans l'application.

TABLEAU CXV. — Composition moyenne du « sewage » de Londres.

	PAR LITRE d'eau d'égout.		PAR 1.000 KILOG de mat. sèche.	
	gr.	gr.	kil.	kil.
Matière organique et sels d'ammoniaque	»	0.428	»	333
— contenant ammoniaque. . . .	0.099	»	72.92	»
Matières minérales	»	0.856	»	667
— contenant acide phosphorique.	0.014	»	10.27	»
— — potasse	0.043	»	30.81	»
— — matières inertes. .	0.799	»	62.51	»
Total.		1.284		1.000

La conférence tenue quelques semaines plus tard par Vœlcker devant la Société royale d'agriculture d'Angleterre[2], n'est que le développement de sa déposition devant la commission d'enquête parlementaire.

Les 200 millions de mètres cubes de liquides que déversent

1. *First report from the select committee on sewage of towns, ordered by the house of commons,* 10 avril 1862, p. 58.

2. *Lecture on town sewage,* 28 mai 1862.

annuellement les eaux des égouts de Londres, ont fait l'objet de nombreux calculs au point de vue de l'énorme richesse fertilisante qui y est contenue, en se guidant d'après les analyses qui ont été successivement publiées par Th. Way, par Hoffmann et Witt, par Mechi, par le Dr Letheby, etc. Si l'on admet que la composition moyenne du sewage de Londres est celle qui figure dans le tableau CXV et qu'on applique aux éléments de fertilité qui sont contenus dans la matière solide, les prix du marché d'alors, soit 1 fr. 32 par kilogramme pour l'ammoniaque ; 0 fr. 66 pour la potasse et 0 fr. 44 pour l'acide phosphorique, le prix des 1,000 kilogr. de guano du Pérou étant de 377 fr., on trouve qu'une tonne de sewage vaudrait 17 centimes. Mais un pareil calcul théorique est absolument erroné. Il ne suffit pas, en effet, d'estimer la valeur des matières fertilisantes du sewage par rapport à celle du guano, mais bien faut-il tenir compte du volume de l'engrais et de son état de combinaison. Le guano offre un engrais transportable susceptible d'être appliqué quand et où on le veut, de façon à fournir aux récoltes au moment opportun la nourriture nécessaire. La même quantité de guano, si elle était mélangée avec la couche du sol sur $0^{m},40$ d'épaisseur, n'aurait aucune efficacité. De même que nous ne pouvons pas modifier l'ensemble de la couche labourable au point de vue de sa composition par un apport d'engrais quelque considérable qu'il soit, de même nous ne pouvons chimiquement détériorer le sol pris dans son ensemble par les récoltes les plus épuisantes. En réalité, nous n'agissons par la fumure que sur une petite partie du sol, et dans une culture avancée l'art consiste à conserver l'engrais aussi près que possible de la surface, de manière à subvenir aux besoins des plantes au début de leur croissance.

Sauf dans les terres sablonneuses où tout ce que le sewage apporte d'éléments fertilisants est utilisable par la plante, la plupart des sols argileux, renfermant en abondance les matières minérales et les matières organiques pouvant donner de l'ammoniaque, n'exigent l'application d'un engrais concentré, guano ou superphosphate, qu'au point de vue des éléments assimilables au début de la végétation, car l'engrais n'ajoute pas sensiblement à la fertilité générale du sol.

Le même calcul de la valeur du sewage, s'il était appliqué au fumier de ferme, ferait voir que l'on paye en réalité de deux à trois fois moins pour le fumier frais et le fumier consommé, qui sont des engrais volumineux, que ne l'indique le prix vénal des matières fertilisantes contenues dans ces fumiers. Le calcul de la valeur du fumier sur base du prix courant des fertilisants donne :

	FUMIER CONSOMMÉ.		FUMIER FRAIS.	
Phosphate de chaux soluble. . .	3k,85 =	2f,50	2k,95 =	2f,05
— — insoluble. .	5 ,66 =	1 ,25	3 ,85 =	0 ,85
Potasse.	4 ,50 =	3 ,10	5 ,65 =	3 ,90
Ammoniaque	7 ,25 =	10 »	6 ,80 =	9 ,35
		16f,85		16f,25

Le volume a donc une influence sur la détermination de la valeur, non moins importante que la composition même de l'engrais.

Vœlcker conclut que, pour tirer profit de l'épandage des eaux d'égout sur les sols sablonneux, il importe d'arroser abondamment à raison de 20,000 à 25,000 mètres cubes à l'hectare, en quatre ou cinq fois, mais en restreignant l'irrigation au ray-grass et aux prairies. L'herbe qui croît rapidement utilise l'engrais dès qu'il lui est servi ; mais il en est autrement des céréales qui ne mûriraient plus qu'accidentellement et des cultures maraîchères qui s'encroûtent et ne sont pas toute l'année prêtes à recevoir de grandes masses liquides.

Même pour les herbages, l'eau d'égout ne donne pas un produit aussi succulent, bien qu'il soit plus azoté, que celui des prairies naturelles, sèches, ou irriguées à l'eau pure.

Si l'on s'en rapporte aux praticiens qui depuis longtemps emploient le sewage, par exemple, aux fermiers des environs d'Édimbourg où les prés Craigentinny sont arrosés depuis nombre d'années à l'eau d'égout, on constate qu'ils réalisent en moyenne 1,500 fr. par hectare, mais si l'on devait calculer la valeur fertilisante du sewage d'Édimbourg sur la base des analyses publiées, le produit à l'hectare devrait dépasser 4,000 fr. Les praticiens affirment en outre, par expérience, que le rendement augmente en raison du volume de sewage appliqué.

En somme, il ne s'agit pas d'emmagasiner l'engrais liquide dans

le sol qui ne retient pas ses éléments fertilisants, mais de s'en servir comme de véhicule pour l'y faire passer rapidement.

Les belles expériences de Voelcker, dont nous avons rendu compte (livre premier), sur le degré du pouvoir absorbant des divers sols pour les liquides étendus renfermant de l'ammoniaque, des phosphates et de la potasse, confirment cette conclusion : l'ammoniaque est très faiblement retenue ; l'acide phosphorique dans le liquide après filtrage à travers le sol a à peine varié, et la dose de potasse augmente par suite de l'abandon fait par le sol.

Du reste, à la demande de la commission du *Local government Board*, Voelcker a analysé le sol des prés de Craigentinny (Édimbourg) qui reçoivent le sewage du collecteur Foul Burn depuis le commencement du siècle à raison de 30,000 à 40,000 mètres cubes à l'hectare par an [1]. Sur les 100 hectares de prés, 80 sont en prairie permanente et 20 en ray-grass d'Italie. L'herbe des prés vendue aux nourrisseurs de Musselburgh, Portobello, Leith et Édimbourg, est coupée quatre fois par an et représente environ 1,000 kilogr. à l'hectare. Le ray-grass, qui produit jusqu'à 1,500 kilogr. à l'hectare, est fauché cinq fois dans l'année et vendu sur pied à l'enchère.

Composition du sol des prés de Craigentinny (Édimbourg) séché à 100 degrés centigrades.

Matière organique [1]	1.60
Oxydes de fer et alumine	1.04
Acide phosphorique	0.06
— sulfurique	Traces.
Chaux	0.08
Magnésie	0.25
Potasse	0.08
Soude	0.13
Chlorure de sodium	0.02
Silice (sable fin)	96.80
	100.06
1. Contenant azote	0.039
Égal à ammoniaque	0.047

1. *Sewage disposal. Report of a committee to inquire into the several modes of treating town sewage. Appendix* n° 1. London, 1876.

Bien que le sol de ces prés ait absorbé des masses si considérables de sewage d'une manière continue, on reconnaît par l'analyse qu'il renferme à peine de chaux, de potasse et d'acide phosphorique, à peu près 1.5 de matière organique formée de fibres végétales et 97 p. 100 environ de sable. C'est le type d'un sol naturellement stérile, dont la valeur réside tout entière dans le sewage qui lui est appliqué.

Les propriétés puissantes d'oxydation dont jouit l'air condensé dans les pores du sol, et le renouvellement de cet air, permettent la destruction presque absolue des éléments organiques de liquides tels que le sewage, passant au travers d'une couche perméable et drainée de un mètre et demi à deux mètres d'épaisseur, et les convertissent en composés organiques inoffensifs. « La terre convenablement préparée et disposée de manière à s'adapter à la filtration « intermittente par gravitation des eaux d'égout, peut se comparer « à un fourneau rempli de combustible allumé. Comme le feu, dans « un fourneau pourvu d'un fort tirage, un sol drainé et bien aéré, « brûle, ou pour employer le langage chimique, oxyde complètement les matières organiques azotées putrescibles des eaux d'égout « et les transforme en nitrates, puis en produits de décomposition « animale qui sont sans odeur, sans couleur, et inoffensifs. Mais il « est bon de le rappeler, le sol n'a pas le pouvoir d'absorber et de « retenir chimiquement les nitrates ainsi formés ; en conséquence, « les liquides entraînés par les drains ou retenus mécaniquement « dans la terre sont aussi pauvres les uns que les autres en nitrates « et en autres éléments fertilisants, quand des liquides aussi étendus « d'eau que le sewage sont déversés sur le sol. Il s'ensuit naturellement qu'une accumulation de nitrates ou d'autres détritus « organiques ne peut pas plus se produire dans un sol parfaitement « perméable, et aménagé de manière à donner plein effet à la filtration intermittente, qu'il ne peut se produire une accumulation « de résidus de combustion à moitié brûlés dans la cheminée d'un « fourneau à tirage réglé dans lequel les gaz et les matières organiques sont décomposés par le feu et l'air[1]. »

---

1. *Influence of chemical discoveries*, etc., 1878.

La terre profondément drainée et aérée peut indéfiniment exercer la même influence salutaire, pourvu que son pouvoir oxydant ne soit pas surmené, c'est-à-dire qu'un intervalle suffisant soit établi entre les arrosages successifs à fortes doses. Avec un bon aménagement des liquides, le sol ne s'obstrue jamais par les matières en suspension de façon à perdre sa propriété de désinfection et d'épuration. Comme le prouve l'exemple de Craigentinny, aucun volume d'eau d'égout passant à travers le sol le plus poreux, ne peut matériellement élever son degré de fertilité permanente, car aucun sol n'a le pouvoir d'extraire des eaux fertilisantes les principes utiles, de les emmagasiner et de laisser s'échapper les liquides privés de ces principes. En d'autres termes, les éléments solubles du sewage ne peuvent se concentrer dans le sol par voie d'arrosage, et la terre n'est pas plus rendue fertile par le filtrage d'eaux d'égout d'une ville de 10,000 habitants sur un hectare, qu'elle ne l'est par le filtrage des eaux d'égout de 1,000 habitants sur la même surface. Les récoltes qui reçoivent l'arrosage n'en retirent pas d'autre avantage que celui fourni par le liquide retenu dans le sol, comme dans une éponge. Aussi, le ray-grass d'Italie, qui absorbe un fort volume de liquide et demande à être fréquemment arrosé, est précisément la récolte qui convient le mieux à l'application des eaux d'égout.

La première condition de l'emploi profitable du sewage sur les terrains poreux et convenablement aménagés est donc le volume disponible qui permette le renouvellement fréquent de l'arrosage de toutes les récoltes, l'herbe des prairies peut seule se prêter à un tel régime.

Parmi les observations que Vœlcker présente, à la fin d'une conférence faite par Mechi devant le Club central des fermiers de Londres, sur l'utilisation du sewage [1], il exprime son désaccord avec le conférencier sur ce point que l'engrais est le seul *desideratum* de tous les sols. Or, il y a des sols qui, par suite des façons culturales qu'on leur applique, peuvent se passer d'engrais. En cultivant profondément certaines argiles tenaces où abondent les principes ferti-

1. *Farmer's Magazine,* t. XXIII, 3e série, p. 313. 1863.

lisants, on obtient de bonnes récoltes, alors que le sewage répandu sur ces argiles n'en donnerait pas, voire même les empêcherait. Si l'irrigation à l'eau d'égout a bien réussi dans certains cas déterminés, c'est parce que les terrains étaient appropriés ; mais, quoi qu'il en soit, le sewage constitue pour les villes une *nuisance* et un embarras, aussi bien pour l'industriel qui cherche à en tirer parti, sous forme d'un engrais solide commercial, que pour le cultivateur engagé à l'utiliser sur des terres quelconques.

2. — Engrais extraits du « sewage ».

A la demande de la commission du *Local government Board*, Vœlcker fut désigné pour analyser une série de produits obtenus dans diverses localités par filtrage ou précipitation chimique du sewage, et pour en déterminer la valeur commerciale et agricole. Nous avons réuni ces analyses dans le tableau CXVI.

A Bolton-le-Moors (population 93,100 habitants ; maisons habitées 18,249 ; surface occupée 810 hectares), les égouts reçoivent la plus grande partie des matières fécales, les eaux vannes, industrielles et pluviales, et débitent 12,000 mètres cubes de sewage par 24 heures à l'usine où s'appliquait en 1876 le procédé connu sous le nom de M. C. qui sont les initiales des brevetés. Ce procédé consiste à mélanger dans un réservoir de la chaux, des résidus de la fabrication du prussiate de potasse, des cendres, de la soude et du perchlorure de fer, et à laisser ce mélange s'écouler dans les réservoirs qui reçoivent le sewage. Le précipité obtenu ne peut pas se dessécher naturellement, et ce serait une dépense inutile que de recourir à une dessiccation artificielle pour avoir du sable et des matières terreuses à transporter à l'état sec.

A Bradford (population 173,723 habitants ; surface occupée 2,922 hectares), les égouts reçoivent le produit de 4,050 water-closets et 11,500 lieux d'aisance, et débitent en temps sec environ 36,000 mètres cubes de sewage. L'usine pour le traitement du sewage avait été construite dans le but de le filtrer sur du charbon de tourbe, mais ce procédé ayant échoué, la corporation appliquait, en 1876, une méthode mixte consistant à laisser décanter dans des

TABLEAU CXVI. — Composition des engrais extraits des eaux d'égout.

	BOLTON-LE-MOORS.		BRADFORD.				COVENTRY.	LEEDS.	
	Engrais MC.		Boue décantée.		Précipité par la chaux.		Procédé chimique.	Engrais ABC.	
	État naturel.	A 15 p. 100 d'eau.	État naturel.	A 15 p. 100 d'eau.	État naturel.	A 15 p. 100 d'eau.	État naturel.	État naturel.	A 15 p. 100 d'eau.
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Eau	60.83	15.00	51.41	15.00	82.41	15.00	47.36	57.20	15.00
Matière organique [1]	14.66	31.82	23.94	41.88	7.54	36.44	15.95	9.45	18.77
Oxydes de fer et alumine	3.81	8.52	2.63	4.61	0.78	3.77	5.17	8.10	16.09
Phosphate de chaux tribasique	0.69	1.49	0.69	1.21	0.69	3.34	1.81	0.76	1.51
Carbonate de chaux	8.18	17.75	4.07	7.11	5.66	27.36	7.32	5.60	11.12
Sulfate de chaux	0.59	1.27	0.42	0.73	0.49	2.36	1.19	0.45	0.89
Sels alcalins et magnésie	1.70	3.68	1.28	2.24	0.73	3.52	2.38	1.40	2.78
Potasse	(0.30)	(0.64)	(0.47)	(0.82)	(0.16)	(0.77)	(0.20)	(0.39)	(0.77)
Chlorure de sodium	(0.04)	(0.08)	(0.03)	(0.05)	(0.11)	(0.52)	(0.02)	(0.02)	(0.04)
Matière siliceuse insoluble	9.54	20.47	15.56	27.22	1.70	8.21	18.82	17.04	33.84
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	0.41	0.89	0.44	0.77	0.14	0.67	0.69	0.31	0.61
Égal à ammoniaque	0.49	1.08	0.53	0.93	0.17	0.81	0.84	0.37	0.74

bassins d'où l'on extrait la boue, et à précipiter par un lait de chaux le liquide ayant déposé les matières sédimentaires. Le tableau CXVI donne (colonnes 3 et 5) la composition de la boue après décantation et du précipité obtenu par la chaux.

A Coventry (population 40,000 habitants; maisons habitées 10,400; surface occupée 650 hectares), les égouts desservent 5,000 water-closets et 800 lieux d'aisance, et débitent par 24 heures 10,000 mètres cubes de sewage. Une compagnie appliquait au traitement de ce sewage, en 1876, un mélange composé de sulfate d'alumine et de schistes alumineux dans une série de bassins desservis par des agitateurs, puis, dans une série d'autres bassins, un lait de chaux. Le précipité desséché à l'air, ensuite artificiellement, est réduit en poudre et vendu comme engrais.

A Leeds (population 285,000 âmes; surface occupée 9,000 hectares), les égouts, qui desservent 8,000 water-closets, débitent journellement environ 54,000 mètres cubes de sewage. Une compagnie, dite de guano natif, traitait en 1875 ce sewage par le procédé breveté dit A B C, ces lettres étant les initiales des trois matières principales employées pour la précipitation, à savoir : *Alum* (alun), *Blood* (sang), et *Clay* (argile). Vœlcker a consacré à ce procédé un mémoire spécial dont nous rendons compte plus loin.

Dans tous ces engrais soumis à l'analyse, la masse représente à l'état naturel des matières qui se trouvent abondamment dans la plupart des sols, sans valeur commerciale, associées à une dose d'humidité qui fait que les frais de transport à de courtes distances et d'application au sol, à cause du volume, ne sont pas couverts. Ce serait donc à tort qu'on évaluerait de pareils engrais, comme on évalue les engrais concentrés, tels que le guano, la poudre d'os ou le sulfate d'ammoniaque, dans lesquels on cote commercialement :

Le phosphate de chaux insoluble à	0f,22
Le phosphate de chaux soluble.	0 ,44
La potasse.	0 ,44
L'azote à l'état d'ammoniaque	1 ,76

Du moment où le fumier de ferme de bonne qualité, comparable sous le rapport du volume aux engrais du sewage, des vidanges,

des villes, etc., qui vaudrait, d'après l'analyse sur la base des cours précédents, entre 16 et 18 fr. les 1,000 kilogr., se vend effectivement 6 fr., et c'est le prix le plus élevé que puisse payer le cultivateur pour du bon fumier en ajoutant le coût du transport, il semble que la valeur des engrais de sewage doive rationnellement s'établir au tiers de celle qu'indiquent les analyses. D'après cette considération, Vœlcker a calculé sur la base de ses propres analyses le prix vénal des engrais dont le tableau CXVI donne la composition, à savoir :

1. Bolton-le-Moors ; engrais MC à l'état naturel	4f » à 6f »
2. — — à 15 p. 100 d'eau	8 ,65 à 12 ,90
3. Bradford ; boue décantée avant traitement par la chaux, à l'état naturel	4 ,50 à 6 ,75
4. Bradford ; boue décantée avant traitement par la chaux, à 15 p. 100 d'eau	7 ,80 à 11 ,60
5. Bradford ; précipité par la chaux, à l'état naturel	1 ,80 à 2 ,75
6. — — — à 15 p. 100 d'eau	8 ,50 à 12 ,20
7. Coventry, engrais précipité	6 ,60 à 10 ,20
8. Leeds ; engrais ABC ou guano natif, à l'état naturel	3 ,30 à 5 »
9. — — — ramené à 15 p. 100 d'eau . .	6 ,60 à 10 ,30

Quelques-uns de ces produits valent beaucoup moins, poids pour poids, que le fumier ordinaire, ce qui explique pourquoi ils ne se vendent pas, même à des prix inférieurs et s'accumulent au préjudice des usines où l'on traite le sewage. Il y a peu de fermiers qui puissent supporter les frais d'un transport de soi-disant engrais renfermant jusqu'à 70 p. 100 d'eau ; en les refusant même à prix gratuit, ils font preuve de jugement.

Si l'on tient compte, d'autre part, d'après les renseignements les plus authentiques, que la séparation des matières solides en suspension dans les eaux d'égout, soit par filtrage, soit par des réactifs, en dehors du prix des réactifs, correspond à une dépense de 30 fr. environ par tonne de produit sec, transportable, on reconnaît combien l'opération est ruineuse sous le rapport commercial.

Guano natif. — Parmi les nombreux procédés inventés et appliqués en Angleterre pour l'épuration des eaux d'égout, celui qu'exploite la compagnie du guano natif, sous le nom de procédé A B C, breveté par Sillar et Wagner, a eu le plus de retentissement à cause

des essais en grand et des installations coûteuses auxquelles certaines municipalités ont été entraînées pour le mettre en opération [1].

La compagnie s'engage par ce procédé, non seulement à purifier le sewage de façon à pouvoir l'écouler sans inconvénient pour la salubrité dans les cours d'eau, mais à en extraire un engrais artificiel, ayant une valeur commerciale. Sans entrer dans la description du brevet et l'examen des matières nombreuses devant servir à la précipitation, il y a lieu de remarquer que sur les trois réactifs principaux, l'alun, le sang et l'argile, l'alun est connu de temps immémorial comme efficace pour la clarification des eaux, dans lesquelles il précipite plus ou moins complètement les composés azotés et albuminoïdes. On ne s'explique pas dès lors la nécessité d'ajouter du sang, c'est-à-dire une matière que l'alun doit précipiter. De même l'argile, à l'état d'argile, est sans effet, et le sel marin à petite dose n'a aucune action antiseptique.

Quoi qu'il en soit, la commission parlementaire de 1868 (*Rivers Pollution Commission*), crut devoir conclure à la suite de bien des essais que, d'après les résultats de l'application du brevet Sillar, le sewage n'était pas assez épuré pour pouvoir être rejeté sans inconvénient dans les cours d'eau. Vœlcker partage cet avis en ce qui concerne un district très peuplé desservi par un cours d'eau peu important, mais dans le cas de villes moins peuplées ne disposant pas de terrains appropriés à l'irrigation et situées à proximité de rivières d'un débit suffisant, l'épuration du sewage par les procédés Leek ou Anderson qui sont basés sur l'emploi du sulfate d'alumine, ou par le procédé A B C, est assez complète pour que l'écoulement s'opère sans nuire à la salubrité.

Quelques soins que l'on apporte dans l'application des réactifs, on précipite les matières en suspension et l'on purifie, il est vrai, sous le rapport de l'odeur et de la couleur, les eaux les plus immondes, mais on y laisse les sels ammoniacaux et les autres sels solubles qui constituent les sept huitièmes de la valeur fertilisante du sewage. De toutes manières, cette clarification, même pour l'irrigation, offre un sérieux intérêt pratique ; mais le produit de l'épuration ne peut

1. *Composition and practical value of native guano.* Juillet 1870.

guère s'obtenir à l'état sec et suffisamment concentré sans de très grands frais. Aussi bien à Leamington qu'à Hastings et à Leeds, le précipité résultant du procédé A B C doit être pompé à l'état semi-fluide dans des turbines à dessiccation pour perdre 50 p. 100 d'eau et rester exposé à l'action de l'air et du soleil en couches minces, avant de pouvoir être pulvérisé et mis en sac.

L'engrais ainsi obtenu à Leamington, ou guano natif, tel qu'il est livré aux cultivateurs par la compagnie, a été analysé dans différentes circonstances par Vœlcker. Dans le tableau CXVII figurent les diverses analyses qu'il a faites.

TABLEAU CXVII. — Composition du guano natif extrait du « sewage » à Leamington.

	1.	2.	3.	4.	5.
Eau	7.91	6.12	12.14	8.84	6.30
Matière organique [1]	19.40	22.45	9.04	12.63	14.55
Phosphate de chaux tribasique	2.40	2.81	2.57	4.27	2.48
Carbonate de chaux et sulfate tribasique	20.93	6.37	4.71	4.91	3.53
Magnésie et sels alcalins	2.92	3.56	3.32	4.06	5.59
Oxydes de fer et alumine	9.78	6.59	7.80	9.01	7.30
Matières siliceuses insolubles	37.66	52.10	60.42	56.28	60.25
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	0.96	1.92	0.60	0.70	0.67
Égal à ammoniaque	1.16	2.33	0.73	0.85	0.81

Il ressort des analyses que la composition de l'engrais est très variable sous le rapport de l'ammoniaque et du phosphate de chaux qui sont les deux fertilisants principaux, et que la proportion de matière inerte varie entre 37.5 et 60.5 p. 100. L'ammoniaque n'y est pas à l'état de sels, mais de matière organique, de façon qu'en tenant compte de l'absence de la potasse dont les sels solubles sont entraînés dans le liquide clarifié, l'engrais de Leamington, dans quatre échantillons sur cinq soumis à l'analyse, ne représente guère plus comme valeur qu'une tonne de fumier ordinaire. La composition

donnée précédemment du même engrais fabriqué à Leeds et ramené à 15 p. 100 d'eau, confirme cette conclusion.

Utilisation des eaux d'égout ; conclusions. — Les efforts tentés pour purifier les eaux d'égout au moyen de la précipitation et en extraire les matières fertilisantes n'ont abouti qu'à des fabrications dans lesquelles le coût de la manipulation n'a pas pu même être couvert par la vente des produits. D'autre part, l'expérience des meilleurs fermiers de terres irriguées avec les eaux d'égout prouve que le filtrage intermittent à travers le sol n'est praticable avec succès qu'autant que les matières solides en suspension dans ces eaux ont été préalablement précipitées en les faisant séjourner dans des réservoirs. A moins, en effet, que les eaux d'égout n'aient été privées des matières en suspension, celles-ci s'accumulant à la surface du sol empêchent le filtrage de grandes quantités de liquide de s'effectuer avec rapidité.

Beaucoup de sols d'ailleurs ne sont pas propres à l'irrigation continue et même ordinaire, et tous les efforts qu'on pourrait tenter pour les approprier n'aboutiront qu'à des dépenses ruineuses pour les contribuables ou pour les fermiers concessionnaires. Si l'on peut trouver à portée des villes une étendue suffisante de terrains convenables, le filtrage intermittent est un excellent moyen d'utilisation; mais que faire des eaux d'égout, on se le demande, dans les localités où le terrain est argileux et imperméable, ou bien situé à une trop grande distance, sinon à un niveau trop élevé de manière à rendre l'irrigation impraticable? Dans ces circonstances, ce qu'il y aurait de mieux à faire serait de purifier le sewage à la sortie des égouts à l'aide de réactifs chimiques, d'une manière assez complète pour permettre l'écoulement dans les cours d'eau, sans crainte de les infecter.

L'agent de précipitation le plus économique et de beaucoup le plus efficace, suivant Vœlcker, est le sulfate d'alumine mélangé avec assez de chaux, pour rendre le liquide légèrement alcalin et effectuer la précipitation complète de l'alumine du sulfate brut. Si les eaux d'égout ainsi épurées ne peuvent pas être déversées directement dans les cours d'eau, parce qu'ils n'ont pas un débit suffisant ou qu'ils sont trop éloignés, du moins peuvent-elles être filtrées après précipitation et clarifiées par le sol sans inconvénient.

Comme conclusions sur l'utilisation des eaux d'égout en Angleterre, Vœlcker formule les observations suivantes, dignes de remarque, étant données sa connaissance intime de la question et sa haute expérience comme chimiste agricole :

« 1° A mon avis, le procédé le plus économique de disposer des « eaux d'égout consiste à les conduire, si cela est possible, assez « loin dans la pleine mer, pour détruire toute chance de les voir « ramener sur le rivage par le flux de la marée.

« 2° Si le sewage ne peut être transporté jusqu'à la mer et qu'on « ne puisse pas se procurer des terrains assez poreux pour y prati« quer le filtrage intermittent par gravitation, on peut clarifier les « eaux par précipitation et appliquer le liquide clarifié en partie, en « irrigation ordinaire pour des cultures comme celles du ray-grass « d'Italie, et en partie par filtrage intermittent dans le sol, sans idée « d'utilisation agricole, les fermiers ne pouvant en tirer un parti « profitable.

« 3° Quand les terrains convenables ne sont pas à portée, il faut « recourir purement et simplement à la précipitation au moyen « d'agents chimiques.

« 4° En résumé, les eaux d'égout, dans mon opinion, loin d'être « un précieux auxiliaire agricole, sont un fléau dont l'agriculture ne « peut user que dans des circonstances exceptionnelles. Il n'y a donc « pas lieu de s'attendre à ce que les agriculteurs paient les frais que « nécessite l'utilisation de ces eaux. Ces frais ne doivent être qu'à la « charge des contribuables habitant les villes et jouissant du bien« être procuré par le système de lieux d'aisance hydrauliques et la « salubrité de leurs maisons[1]. »

D. — *Engrais des vidanges.*

Dans les centres populeux jouissant d'une distribution d'eau abondante et d'une canalisation souterraine bien exécutée, le système du water-closet pour l'enlèvement des matières fécales, est le seul qui réponde aux progrès de la civilisation. Partout où ce système a été

1. *Influence of chemical discoveries on the progress of English agriculture.* 1878.

installé, il sera maintenu, quelques charges qui en résultent pour les contribuables. Il est non moins avéré que la terre est le réceptacle approprié pour purifier toutes les matières excrémentielles et qu'aucun agent ne désinfecte les matières animales putrides aussi rapidement et aussi complètement que le sol bien aéré.

Toutefois, dans les centres à population disséminée, où les ressources communales sont modiques, le système des tinettes sèches ou humides, pour la réception des matières fécales, a été appliqué avec d'excellents résultats, à la condition d'être strictement réglé et surveillé.

S'il était possible, dans ce dernier cas ou même avec les fosses d'aisance, de recueillir les vidanges et les eaux vannes, de les conserver et de les transporter sans nuire à la salubrité, pour les convertir finalement en engrais secs, efficaces et faciles à placer, la solution du problème serait plus économique par l'enlèvement que par l'écoulement. Malheureusement, tous les essais faits jusqu'à présent pour convertir en engrais les matières fécales et les détritus et immondices des villes, de même que le sewage, ont échoué au point de vue commercial. Les causes de cet échec réitéré ont été examinées par Vœlcker, dans un travail spécial présenté pour la discussion à la Société des arts[1].

Ces causes se rapportent principalement à la composition même des déjections humaines qui, pour la partie solide, renferment seulement en moyenne 25 p. 100 de substance sèche dosant 1.5 d'azote et 1 d'acide phosphorique et 75 p. 100 d'eau, et pour la partie liquide ou l'urine, 3 p. 100 seulement de matière sèche. Ainsi, sans mélange, les matières fécales solides doivent, pour pouvoir être utilement transportées, perdre 3/4 pour 100 de leur poids d'eau ; sinon il faut les mélanger avec un poids de matières sans valeur fertilisante, qui absorbent cette eau. Dans le cas des urines, lorsqu'elles peuvent être recueillies sans addition d'eau et traitées immédiatement dans les appareils distillatoires pour dégager l'ammoniaque et la fixer à l'état de sulfate ; ou bien converties en sels ammoniacaux directe-

1. *Society of arts. Second annual conference on the health and sewage of towns,* 1877. — *On the value of prepared night soil manures,* by Dr A. Vœlcker, p. 45.

ment par des procédés, tels que celui du général Scott, il y a profit à en tirer un produit fertilisant d'une valeur définie. Mais, outre que les urines sont presque toujours additionnées d'eau qui rend ces fabrications peu avantageuses, on ne peut les garder sans qu'elles se décomposent, en donnant naissance à des gaz méphitiques et à un dégagement de carbonate volatil d'ammoniaque, qui appauvrit les urines et l'engrais solide qu'elles contiennent.

Les substances qui sont employées pour absorber l'eau des matières fécales, à savoir : les cendres, la tourbe, le charbon de tourbe, les schistes calcinés, les balayures et issues des villes, ne font que diminuer la valeur commerciale et fertilisante des vidanges. Si l'on a recours, au contraire, à des fertilisants comme matières de mélange, tels que le superphosphate de chaux, le sulfate d'ammoniaque, etc., dans le but de donner plus de valeur à l'engrais humain, on constate qu'au lieu d'augmenter la valeur intrinsèque des vidanges, on a, par l'addition d'engrais concentrés, diminué la valeur de ces derniers. En réalité, le coût de toute manipulation dont la vidange est l'objet, soit comme transport, soit comme fabrication, excède le prix auquel l'engrais peut être livré sur le marché. En Flandre, en Allemagne, en Italie, où les vidanges sont recueillies et employées à l'état naturel, c'est-à-dire sans mélange de cendres, de terre, etc., le prix du transport jusque dans la campagne est plus élevé que celui auquel le cultivateur peut payer l'engrais lui-même. C'est seulement dans le rayon où les fumiers et les gadoues peuvent se vendre, que les vidanges, sans frais de désinfection ni de solidification, et par comparaison avec le prix vénal des fumiers, ont chance de trouver un écoulement, sinon profitable, du moins qui n'implique pas une une perte sérieuse à l'habitant.

Poudrette Moule. — C'est en se fondant sur la propriété qu'a la terre sèche et tamisée, surtout si elle est argileuse, d'absorber et de retenir l'ammoniaque, de même que les autres éléments de fertilité, que le Révérend H. Moule, vicaire de Fardington (Dorset)[1], a proposé et fait adopter l'emploi de cabinets munis de récipients portatifs, dans lesquels la terre sèche en petite quantité sert à recouvrir

1. *On the composition and agricultural value of Earth closet manure.* 1872.

les déjections, à empêcher leur fermentation et le dégagement des gaz nuisibles. Après quelques jours, la masse formée par l'interposition de minces lits de terre entre les déjections, peut être intimement mélangée à la bêche ou à l'aide d'un mélangeur spécial et servir encore plusieurs fois de suite comme absorbant et désinfectant.

Là où il est facile de se procurer de la terre sèche et tamisée, et d'utiliser le compost, le closet Moule répond économiquement aux conditions hygiéniques et agricoles du problème d'utilisation de l'engrais humain. Aussi, dans les villages, les hameaux, les habitations et les établissements détachés, le closet Moule a-t-il donné des résultats satisfaisants. Les objections contre son adoption dans les grands centres ont trait aux frais et à la difficulté de s'approvisionner de terre dans les maisons et de transporter assez souvent l'engrais fourni par chaque cabinet. En outre, l'urine n'est fixée et utilisée qu'en faible quantité, de telle sorte que la poudrette, formée pour la plus grande partie de terre, a trop peu de valeur pour couvrir les dépenses d'enlèvement.

Comme la question de valeur de la poudrette Moule se présente en dernière analyse pour décider des avantages de l'application du système, Vœlcker a déterminé la composition d'une série d'échantillons, dont quatre provenant des closets du pénitencier de West-Riding, à Wakefield. Cette prison, comprenant 1,450 cellules, est desservie par un nombre à peu près égal de water-closets et de closets Moule. En 1870, ces derniers, au nombre de 776, fonctionnaient depuis trois ans. La terre ordinaire utilisée comme absorbant était réemployée jusqu'à trois fois consécutivement ; elle représentait par tête et par an un poids de 250 kilogr. Avant d'être réemployée, la terre ayant absorbé les matières fécales, séjournait cinq semaines dans des caisses disposées à l'effet de permettre le mélange intime du compost.

Dans le tableau CXVIII (colonnes 1 et 2), nous avons groupé les analyses de la terre avant l'emploi, à l'état naturel et desséchée à 100°, et de la terre ayant servi successivement une, deux et trois fois, après avoir été chaque fois mélangée et de nouveau tamisée (colonnes 3 à 8).

Il est facile de voir qu'après chacune des opérations, la teneur en

TABLEAU CXVIII. — Composition de poudrettes (matières fécales).

	POUDRETTE MOULE.										POUDRETTE	POUDRETTE Goux.	
	TERRE avant emploi.		APRÈS 1 FOIS.		APRÈS 2 FOIS.		APRÈS 3 FOIS.		APRÈS	APRÈS			
		Séchée à 100°.	Humide.	Séchée à 100°.	Humide.	Séchée à 100°.	Humide.	Séchée à 100°.	4 fois.	5 fois.	Rochdale.	Halifax.	»
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
Eau	9.94	»	21.69	»	11.81	»	13.81	»	1.49	12.97	15.13	51.65	31.16
Matière organique et eau combinée[1]	8.86	9.88	7.67	9.79	10.17	11.53	10.53	12.22	6.56	7.78	30.62	22.70	23.20
— charbonneuse	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»		»	»
Oxyde de fer et alumine	11.67	12.95	12.65	16.15	12.43	14.11	10.76	12.48	14.57	9.24	17.27	3.96	12.31
Acide phosphorique	0.17	0.18	0.19	0.25	0.39	0.41	0.44	0.51	»	»	»	»	»
Phosphate de chaux tribasique	»	»	»	»	»	»	»	»	1.46	1.05	0.76	0.96	1.31
Carbonate de chaux	2.01	2.21	1.76	2.25	1.88	2.13	1.84	2.14	9.47	9.19	»	»	5.04
Sulfate de chaux	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	4.82	0.81	
Magnésie	1.30	1.41	2.06	2.63	0.68	0.77	0.78	0.90	2.20	2.57	2.29	2.37	3.19
Alcalins (sels)	1.22	1.35			0.64	0.72	0.61	0.74	»	»			
Potasse			»	»	»	»	»	»	1.31	0.66	(0.75)	(0.30)	»
Chlorure de sodium	»	»	»	»	»	»	»	»	0.82	0.64	(0.53)	(0.38)	»
Matière siliceuse insoluble	61.83	71.99	53.98	68.93	62.00	70.30	61.20	71.01	62.12	55.90	29.11	17.55	23.79
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	0.28	0.31	0.29	0.37	0.37	0.42	0.44	0.51	0.39	0.41	0.69	0.67	0.94
Égal à ammoniaque	0.34	0.37	0.35	0.45	0.45	0.51	0.53	0.62	0.47	0.49	0.81	0.82	1.11

azote s'accroît légèrement, mais l'accroissement final ne représente guère que les deux tiers de l'azote primitivement contenu dans la terre avant emploi. Quoique la dose d'acide phosphorique augmente plus sensiblement que celle de l'azote, la teneur totale après trois opérations atteint seulement un demi pour 100.

En appliquant à l'acide phosphorique le prix de 0f,88 par kilogr. et à l'azote celui de 2f,20, on calcule que la valeur intrinsèque de la poudrette à l'état sec n'a été accrue que de 7f,65 par 1,000 kilogr., par rapport à la terre initiale. On ne peut pas disconvenir que ce soit là un résultat décevant au point de vue agricole.

Les analyses d'une poudrette Moule, obtenue par dessiccation artificielle après quatre opérations (colonne 9), et d'un autre échantillon recueilli après cinq opérations et ayant séché à l'air libre (colonne 10), de provenance autre que celle des précédents engrais, n'indiquent pas une richesse fertilisante bien supérieure ; l'ammoniaque ne titrant pas un demi pour 100.

Poudrette Rochdale. — A Rochdale, où le système des tinettes à domicile est établi depuis 1870, avec service hebdomadaire réparti dans les six districts de la ville, les matières fécales sont traitées, dans des tranchées établies avec des cendres, par de l'acide sulfurique, puis recouvertes de cendres de charbon tamisées jusqu'à absorption. Quand un certain degré de siccité a été obtenu, de nouvelles tranchées sont ouvertes sur le même emplacement pour l'absorption des matières excrémentielles fraîches et ainsi de suite jusqu'à ce que les cendres soient saturées. Après saturation, la masse ayant séché pendant deux semaines, est retournée, puis abandonnée encore une semaine à la dessiccation, avant d'être mise en sacs à l'état pulvérulent et vendue comme poudrette.

En 1876, une population de 52,000 âmes était desservie par 5,644 tinettes, ayant fourni un total de 5,400 tonnes de matières fécales dans l'année.

L'analyse de la poudrette provenant de l'usine qu'exploite la corporation de Rochdale figure colonne 11, tableau CXVIII, sur la base des prix courants du phosphate de chaux, de la potasse et de l'azote ; cet échantillon représenterait théoriquement une valeur de 19f,60 les 1,000 kilogr., mais Vœlcker la réduit, par les raisons données

pour les engrais extraits du sewage, entre 6f,50 et 10 fr.[1]. Au prix de 25 fr., offert par la corporation, l'engrais ne trouve pas de preneurs et s'accumule dans l'usine.

Poudrette Goux. — A Halifax, qui compte une population de 68,000 âmes, une compagnie, dite de l'engrais Goux, a obtenu dès 1873 d'appliquer le système de tinettes avec récepteurs pourvus de matières absorbantes et désinfectantes, dont le service se fait hebdomadairement. Les appareils, garnis à l'intérieur de tontisses de laine, sont enlevés après avoir été remplis aux deux tiers des déjections, vidés à l'usine, lavés et garnis de nouveau. La poudrette résultant du mélange des produits séchés à l'air libre sans abri, a été analysée par Vœlcker (col. 12, tableau CXVIII). D'après cette composition, la valeur théorique de la poudrette Goux serait de 21f,50 les 1,000 kilogr.; et la valeur vénale entre 7 et 11 fr. La commission du *Local Board* constatait qu'en 1876 il y avait plus de 2,000 tonnes de poudrette sous hangar, ne trouvant pas acheteur à 18 fr. les 1,000 kilogr.

Un autre échantillon de poudrette Goux, ne provenant pas d'Halifax, a été dosé par Vœlcker[2] (col. 13, tableau CXVIII). Mais renfermant seulement 1 p. 100 d'ammoniaque et à peine 1.5 de phosphate de chaux, cet engrais était offert sans succès sur le marché, au prix de 100 fr. la tonne.

Poudrette de Bondy. — Cette poudrette, dont la préparation à l'aide des matières fécales solides de Paris, transportées à Bondy, n'est pas à décrire ici, a été employée par Vœlcker dans ses essais de culture des navets de Suède et analysée[3]. D'après la composition suivante, il fait observer que cet engrais, renfermant beaucoup plus de phosphates et de matières azotées que les produits similaires fabriqués en Angleterre, s'est montré aussi efficace dans ses essais que le guano du Pérou et l'engrais de laine pour turneps; ce qui n'implique pas qu'il ait la même valeur commerciale.

---

1. *Sewage-disposal Report of a committee appointed by the local government Board*, etc., 1876.

2. *Annual report for* 1872. — *Journ. Roy. agr. Soc. England*, vol. IX, 2e série. 1873.

3. *Experiments upon Swedes.* 1858.

Composition de la poudrette de Bondy (1858).

Eau	25.20
Matière organique [1]	26.14
Phosphates	17.17
Sulfate de chaux	4.21
Carbonate de chaux	3.09
Sels alcalins	3.22
Magnésie	1.78
Matière siliceuse insoluble (sable)	18.61
	99.42

1. Contenant azote 3.35
Égal à ammoniaque 4.07

Traitement des vidanges. — Le secrétaire d'État des affaires étrangères ayant transmis pour avis à la Société royale d'agriculture le rapport du consul britannique à Livourne, sur le traitement et l'utilisation des vidanges en Italie, Vœlcker se borne, dans son rapport, à constater que les faits communiqués par le consul confirment la pratique ancienne des cultivateurs flamands et des autres contrées de l'Europe, qui appliquent directement les matières fécales comme engrais au sol. Il ajoute que dans une récente visite à Paris pour étudier les procédés de traitement de la vidange, il a constaté que sur les matières reçues à la Villette, la partie liquide décantée dans de vastes réservoirs est refoulée à Bondy, et la partie solide y est transportée par essieux.

Les matières solides, à l'époque de la visite de Vœlcker, étaient desséchées en les mélangeant avec du charbon de tourbe et du sulfate de chaux (plâtre), puis additionnées de phosphate de chaux et de sels ammoniacaux pour en faire un engrais commercial.

La partie liquide, composée d'urine en putréfaction, s'écoulait en grande partie dans la Seine, mais une installation était en voie de construction pour traiter l'urine par la chaux et la distiller en vue d'obtenir l'ammoniaque qu'elle renferme. Les appareils distillatoires du système Quentz permettraient, grâce à une économie suffisante du combustible, de distiller avec bénéfice des liquides contenant de 2 à 3 millièmes d'ammoniaque. Pendant plusieurs années, ces appareils ont fonctionné à Courbevoie, Nanterre et livré du sulfate d'ammoniaque provenant des urines diluées de ces communes.

Distillation des urines. — Le procédé Quentz pour l'extraction du sulfate d'ammoniaque des liquides de vidange a fait l'objet d'un rapport particulier du Dr Vœlcker à la Compagnie anglaise des engrais, qui était concessionnaire en 1874 de la voirie de Bondy.

C'est dans l'usine de la Compagnie Legendre, à Nanterre, que Vœlcker a examiné le procédé en application sur des eaux de vidange qui, avant la distillation avec la chaux vive, lui ont donné par l'anayse 3.10 p. 1,000, et après la distillation dans les appareils Quentz, 0.61 p. 1,000. Ces résultats indiquent que pratiquement on retirait environ 3 p. 1,000 d'ammoniaque et qu'à l'issue des appareils le liquide retenait encore un demi pour 1,000 qui, par suite du travail en grand, était perdu.

Le sulfate d'ammoniaque produit était blanc, de première qualité et titrait :

	1.	2.
Humidité	0.11	0.72
Sulfate pur [1]	99.62	98.87
Impuretés minérales	0.27	0.41
	100.00	100.00
1. Contenant azote	21.13	20.97
Égal à ammoniaque	25.65	25.46

L'ammoniaque contenue dans les eaux de vidanges putrides, en partie à l'état de carbonate volatil, en partie à l'état de sulfate d'ammoniaque et d'autres sels ammoniacaux, se dégage de ces composés pendant la distillation avec la chaux vive, s'évapore et se condense dans l'acide sulfurique. En même temps, l'excès de chaux précipite une quantité considérable des matières organiques solubles et toutes les matières en suspension dans les eaux de vidanges.

Le liquide qui sort des appareils ayant reposé le temps nécessaire pour permettre à la chaux de se précipiter, est devenu clair et peut être écoulé sans inconvénient.

Vœlcker conseille d'utiliser la chaleur des liquides à la sortie pour réchauffer les eaux qui doivent être soumises à la distillation, afin qu'ils soient refroidis autant que possible et débarrassés de leur odeur. Il conseille également d'employer un excès de chaux vive qui

augmente la production de l'ammoniaque et facilite l'épuration des eaux.

Chaux animalisée. — La chaux ayant servi à la distillation prend une coloration brune analogue à celle du guano. Séchée à l'air libre, elle titre, d'après l'analyse de Vœlcker :

Humidité	21.56
Matières organiques [1]	12.77
Phosphate tribasique de chaux [2]	4.80
Oxydes de fer et alumine	2.33
Carbonate de chaux	39.21
— de magnésie	11.72
Acide sulfurique et autres matières	0.41
Matière siliceuse insoluble	7.20
	100.00

1. Contenant azote	0.95
Égal à ammoniaque	1.15
2. Contenant acide phosphorique	2.20

Cette chaux, renfermant 1 p. 100 d'azote et près de 5 p. 100 de phosphate, a une valeur fertilisante qui couvre les frais de la chaux de défécation.

L'appareil Quentz utilise non seulement d'une manière très efficace la chaleur perdue des différents foyers, mais il empêche la mousse résultant du traitement de l'eau en ébullition par la chaux vive, d'être entraînée par les vapeurs ammoniacales, ce qui constituait la grande difficulté éprouvée avec les autres appareils. La condensation de l'ammoniaque dans l'acide sulfurique s'opère dans un appareil ingénieux, sous une pression plusieurs fois inférieure à celle que réalisent les autres procédés.

Pour 887 mètres cubes d'eau de vidanges, traités pendant un mois de 28 jours, avec une moyenne de 8 chaudières en travail, l'usine de Nanterre avait consommé 9,180 kilogr. de chaux, 12,520 kilogr. d'acide, 25 tonnes de charbon, et produit 11,397 kilogr. de sulfate d'ammoniaque, laissant un bénéfice, sans compter les frais généraux, de 3f,17 par mètre cube d'eau vanne [1].

1. *Rapport du Dr Vœlcker.* 18 novembre 1873.

E. — *Guanos.*

On donne le nom de *guano,* sans distinction, aux déjections d'origine animale (surtout celles provenant des oiseaux de mer), qui se sont accumulées sur différents points du globe et ont subi des modifications plus ou moins profondes par l'action du temps. Que ces dépôts, dont plusieurs sont immenses, appartiennent à l'époque actuelle ou qu'ils aient été formés antérieurement, toujours est-il que leurs produits offrent des différences considérables sous le rapport de la constitution chimique.

Les fientes fraîches des oiseaux de mer qui se nourrissent de poissons, c'est-à-dire de substances très azotées, consistent en acide urique, en urée, en urates d'ammoniaque, ainsi qu'en un grand nombre d'autres composés organiques azotés, et contiennent en outre des proportions variables de phosphate de chaux et de magnésie, de phosphate et de sulfate de potasse et de soude, de chlorure de sodium et d'autres matières salines. La partie organique forme les deux tiers environ des déjections; la partie minérale, l'autre tiers.

Dans les climats chauds où il pleut rarement, comme au Pérou, en Bolivie, sur la côte occidentale de l'Amérique du Sud, les gisements de guano souffrent relativement moins des intempéries atmosphériques, de façon qu'ils renferment, outre une grande quantité de matières azotées, la totalité, on peut dire, des composés salins et phosphatés. Ces guanos titrent entre 16 et 18 p. 100 d'ammoniaque, de 18 à 20 p. 100 de phosphate de chaux tribasique et de 6 à 8 p. 100 de sels alcalins : ils pèsent de 86 à 90 kilogr. par hectolitre.

Ailleurs, dans d'autres contrées, la pluie a considérablement altéré la proportion respective des ingrédients. L'urée des fientes et l'acide urique partiellement, se sont d'abord transformés en carbonate d'ammoniaque volatil qui s'est dégagé à l'air libre, et en sels ammoniacaux non volatils; en même temps qu'une partie des phosphates insolubles a été rendue soluble. Sous l'influence persistante des pluies, les déjections, à cet état de décomposition, continuent à perdre leurs plus précieux éléments, à savoir : les sels ammonia-

caux et les phosphates solubles. Les dépôts de guano des îles Falkland, de la côte de Patagonie, de l'Afrique du Sud, de la Bolivie, du Chili et de la Californie, ont été ainsi réduits dans leur richesse fertilisante, essentielle; ils ne titrent guère au delà de 4 p. 100 d'ammoniaque.

Enfin, certains amas ont été littéralement lavés et privés par l'eau de leurs matières azotées et salines solubles. Convertis en phosphate de chaux associé avec plus ou moins de substance organique non azotée, ces guanos, à couleur brun jaunâtre, ou rouge-chocolat, en poudre fine, ne sont, à vrai dire, que des phosphates terreux. On les exporte principalement des îles Caraïbes, de l'Océan Pacifique du Sud, et aussi de l'Amérique et de l'Afrique du Sud[1].

Nous n'aurons à nous occuper ici que des deux premiers groupes de guanos constituant des engrais organiques, et nous traiterons du troisième dans le paragraphe consacré aux engrais phosphatés.

a. — Guano du Pérou.

Le guano du Pérou, dont l'efficacité a été reconnue dans tous les sols et pour la plupart des récoltes, passe, après le fumier de ferme, pour être un engrais universel[2]. En effet, sauf 2 p. 100 de sable en moyenne et de 12 à 15 p. 100 d'eau, le guano du Pérou ne renferme que des substances utiles à la végétation, et les plus précieuses d'entre elles y sont à l'état concentré. Les sels ammoniacaux et les matières organiques, qui représentent jusqu'à 18 p. 100 d'ammoniaque, dont 6 à 7 p. 100 toute formée, lui ont assigné pendant de longues années une valeur commerciale d'autant plus élevée pour l'agriculture, que l'industrie recherchait le guano du Pérou comme matière première, en vue de certaines fabrications, telles que le carbonate et le sulfate d'ammoniaque, le bleu de Prusse, la murexide, etc.

Tant que le guano, livré en abondance, s'est vendu à un prix qui laissait une marge suffisante de bénéfice, les cultivateurs se souciè-

1. *On phosphatic guanos. Journ. Roy. agric. Soc. England,* vol. XII, 2e série, 1876.

2. *Peruvian guano and the means of increasing its efficacy,* 1864.

rent peu de savoir si, pour certaines récoltes auxquelles ils l'appliquaient, d'autres engrais plus économiques et aussi efficaces n'auraient pas pu lui être substitués. Les prix s'élevant et le guano de bonne qualité devenant de plus en plus rare, de nombreux essais furent institués pour s'enquérir des sols, des récoltes, des quantités et de la saison pour lesquels ce riche engrais était le plus utilement employé.

Une des conséquences de ces essais a été de préciser le rôle des engrais phosphatés, d'où l'origine de l'industrie des phosphates pour subvenir aux besoins spéciaux de la culture des racines. En même temps, on constatait que dans les terres argileuses les sels ammoniacaux, pour cette même culture, non seulement n'apportaient aucune amélioration, mais pouvaient lui nuire, et que dans les terres sablonneuses légères, les engrais très azotés, en activant démesurément les récoltes de céréales, conduisaient à l'épuisement du sol. Enfin, on apprenait que dans certains *loams* où le guano donnait d'excellents résultats pour les céréales et les herbages, appliqué en couverture, il pouvait être plus économique de recourir à d'autres fertilisants azotés, comme le sulfate d'ammoniaque, le nitrate de soude, la suie, etc.

La composition du guano du Pérou a fait l'objet de maintes analyses détaillées, exécutées avec le plus grand soin par les chimistes; malgré cela, quelques points de la constitution chimique du guano ont passé inaperçus, ou, du moins, n'ont pas attiré le degré voulu d'attention.

Le tableau CXIX reproduit la composition, déterminée par Vœlcker, de six échantillons de guano du Pérou. Les trois premières analyses ont été rapportées dans son mémoire consacré à la valeur des engrais commerciaux[1], dans le but de les comparer, comme étant de qualité supérieure, avec des guanos inférieurs et des imitations frauduleuses. Les trois analyses suivantes[2] servent de texte aux observations qu'il présente sur les moyens d'améliorer le guano comme engrais.

1. *On the agric. and commerc. value of some artificial manures and on their adulteration. — Bath and west of Engl. Agric. journ.*, vol. III, 1855.
2. *Peruvian guano*, etc., 1864.

TABLEAU CXIX. — Composition du guano du Pérou.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Eau.	12.420	12.00	17.40	18.42	15.14	16.56
Matières organiques et sels ammoniacaux [1]	52.980	59.11	49.97	52.11	52.81	51.70
Phosphate de chaux et de magnésie [2]	25.065	19.31	23.66	21.99	20.26	23.55
Selsalcalins (chlorure de potassium et de sodium).	8.262	8.13	7.43	6.37	10.52	6.44
Matière siliceuse insoluble. . .	1.507	1.45	1.54	1.11	1.27	1.75
	100.236	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote.	»	»	»	15.34	15.41	15.13
Egal à ammoniaque	17.215	19.30	18.96	18.62	18.69	18.37
2. Contenant acide phosphorique.	»	»	»	2.23	2.48	1.08
Égal à phosphate de chaux tribasique	»	»	»	4.83	5.36	2.34

Dans le guano péruvien, les sels ammoniacaux et les matières organiques renferment divers composés chimiques distincts. On y trouve constamment présents les phosphate, sulfate, oxalate, urate et carbonate d'ammoniaque; mais les rapports de ces sels entre eux varient notablement d'après les échantillons. La matière organique comprend de l'acide urique, un peu d'urée, de l'acide oxalique, de la guanine et d'autres substances azotées, ainsi que des acides butyrique, phocénique et autres acides gras auxquels est due l'odeur caractéristique du guano. Ces éléments riches en azote, très prompts à se décomposer en présence de l'eau, donnent de l'ammoniaque. Le guano avarié par l'eau de mer, c'est-à-dire dont les matières azotées ont subi un commencement de décomposition, exhale une forte odeur d'ammoniaque causée par le dégagement de ce gaz à l'air libre. Aussi les échantillons de couleur foncée, à odeur piquante, sont-ils généralement moins azotés que ceux de couleur claire, secs et moins odorants. L'acide urique et l'urate d'ammoniaque, à peu près insolubles dans l'eau, et qui renferment le tiers de leur poids d'azote, restent stables tant que le guano est en lieu sec; mais sous

l'influence de l'oxygène et d'une certaine température, en présence de l'eau, l'acide urique éprouve une série de modifications particulières qui donnent lieu à de l'allantoïne, de l'urée et de l'acide oxalique. L'urée, à son tour, est transformée en carbonate d'ammoniaque. Ces mêmes changements s'opèrent dans le sol, de façon qu'au point de vue pratique il n'y a aucune distinction à établir entre l'ammoniaque déjà formée et celle à l'état de sels ammoniacaux.

Dans les trois échantillons nos 4, 5 et 6, l'ammoniaque libre, fournie par distillation par le carbonate, et celle en combinaison avec l'acide urique, l'acide sulfurique, etc., à l'état de sels, ont été déterminées séparément :

	4.	5.	6.
Ammoniaque libre	1.13	1.31	1.32
— des sels	5.41	5.53	4.91
	6.54	6.84	6.23

Comme la teneur totale en ammoniaque atteint 18,5 en moyenne, on voit que dans les guanos du Pérou de première qualité un tiers est à l'état déjà formé, et les deux autres tiers à l'état de combinaison de facile décomposition.

Dans les guanos inférieurs, la teneur totale étant bien moindre que dans les bons guanos, il y a relativement plus d'ammoniaque déjà formée au détriment de la qualité ; aussi l'odeur vive et piquante qui provoque le larmoiement caractérise, dans une certaine mesure, le guano avarié. Il en est de même de l'acide oxalique provenant de la décomposition de l'acide urique, quand il est présent en trop forte quantité.

Les phosphates terreux, dont la moyenne s'élève à 22 et 24 p. 100 dans les meilleurs guanos, sont, à l'état terreux, finement divisés, mais pour cela ne sont-ils pas plus solubles que la poudre d'os? Vœlcker s'en est assuré par l'expérience : il a trouvé qu'un litre d'eau dissolvait 0gr,035 et 0gr,037 de phosphate du guano.

Indépendamment du phosphate insoluble de chaux et de magnésie, le guano, d'après les analyses, renferme de l'acide phosphorique soluble en proportions variables, à l'état de phosphate d'ammoniaque qui, par les procédés usuels d'analyse, est compté parmi les sels alcalins. Or, l'acide phosphorique devrait être toujours exactement dosé, afin de déterminer la valeur du guano. La proportion de cet

acide dans un guano pur correspond généralement à 5 ou 6 p. 100 de phosphate tribasique.

Les sels alcalins, dont la teneur varie entre 6 et 8 p. 100, ne doivent pas également être négligés, d'autant plus que, d'après Way, ils représentent de la potasse pour la moitié en poids.

Action du sel. — Parmi les divers moyens qui ont été suggérés pour augmenter l'efficacité du guano, l'addition de sel a été recommandée. Les expériences de Barral sur les guanos renfermant seulement 12.56 p. 100 d'azote, ce qui est une teneur inférieure à celle des guanos de première qualité, lui ont permis de conclure que le sel agissant comme antiseptique, empêchait la décomposition des matières azotées de se poursuivre et le dégagement de l'ammoniaque. Mais en répétant ces expériences sur du guano titrant 17.24 p. 100 d'ammoniaque et 12.82 p. 100 d'eau, Vœlcker n'a rien constaté de semblable, et comme conclusion il a pu affirmer que le guano pur du Pérou ne perd qu'une quantité insignifiante d'ammoniaque (environ 3/4 p. 100) en restant exposé à l'air, à la température ordinaire, ou en séchant dans un courant d'air, à la température de l'eau bouillante ; par conséquent, le sel n'a eu aucune action. Les résultats obtenus par Vœlcker sont consignés dans le tableau CXX.

TABLEAU CXX. — Essais sur le mélange de guano et de sel.

	AVANT D'ÊTRE EXPOSÉ A L'AIR.		APRÈS AVOIR ÉTÉ EXPOSÉ A L'AIR pendant 1 mois.	
	Guano pur.	Mélange de 50 p. 100 guano et 50 p. 100 sel.	Guano pur.	Mélange de 50 p. 100 guano et 50 p. 100 sel.
Eau pour 100	12.82	11.20	17.65	19.69
Ammoniaque pour 100 chassée avec l'eau à 100° C.	0.75	0.40	0.69	0.31
Azote total pour 100 dans le guano à l'état naturel	14.19	7.19	13.42	6.51
Azote total égal à ammoniaque	17.24	8.73	16.30	7.91
Azote total pour 100 dans le guano desséché à 100° C.	16.28	8.10	16.25	8.14
Azote total égal à ammoniaque	19.77	9.83	19.73	9.88

Ce même guano, sans mélange, après avoir été conservé pendant plus d'un an, a été analysé par Vœlcker :

Eau	16.593
Matière organique et sels ammoniacaux [1]	52.311
Phosphates de chaux et de magnésie	22.273
Sels alcalins	7.380
Matière siliceuse insoluble (sable)	1.443
	100.000

1. Contenant azote	13.60
Égal à ammoniaque	16.52
Azote total p. 100 dans le guano sec	15.90
Égal à ammoniaque	19.31

Ainsi, après une année, le guano avait perdu 0.38 p. 100 d'ammoniaque, c'est-à-dire une quantité insignifiante. Il n'y a donc pas lieu de recourir à aucun réactif pour fixer l'ammoniaque, le sel, aussi bien que tout autre ; il suffit de conserver le guano en lieu sec.

Pour le guano humide ou avarié qui est en décomposition, il en est autrement ; plus on le garde longtemps et plus il perd d'ammoniaque. Au bout de 24 heures, le meilleur guano humecté entre en fermentation.

L'odeur caractéristique du guano péruvien, que l'on attribue communément au dégagement d'ammoniaque, est due à nombre d'acides gras provenant de l'huile de poisson que tiennent les fientes des guanaes. Il est facile de le constater en humectant du guano avec de l'acide sulfurique dilué qui devrait saturer l'alcali volatil et détruire l'odeur, tandis qu'elle subsiste, même si l'on chauffe à 100° C.

Quand on n'a pas l'emploi immédiat du guano humide ou avarié, il importe de le sécher en l'étendant en couches minces que l'on recouvre de plâtre ou bien de poussier de charbon que l'on a préalablement mouillé avec de l'acide sulfurique, étendu d'un volume égal d'eau. On peut également le faire sécher au soleil ou dans un courant d'air, en le retournant fréquemment.

Action de l'eau. — Il ressort des observations faites par les cultivateurs que le guano du Pérou n'est pas aussi efficace dans une saison sèche ou dans les localités où il pleut rarement, que dans une saison humide et dans les contrées soumises aux pluies. De même,

on a remarqué que le guano agit avec plus d'énergie quand il reste en couverture assez de temps pour que la pluie l'ait lavé dans le sol.

Ainsi, l'intervention de l'eau aurait une réelle importance dans la pratique pour l'application du guano. C'est pourquoi Vœlcker a tenu à étudier l'action de l'eau sur cet engrais, dans une série d'essais dont il a rendu compte.

Après avoir fait bouillir pendant quelques minutes 6 grammes environ de chacun des trois échantillons n°s 4, 5 et 6 (tableau CXXI) dans deux décilitres d'eau distillée, puis ajoutant deux décilitres d'eau distillée froide, et abandonnant le liquide au repos pendant 24 heures dans un flacon bouché, on filtra le liquide pour recueillir la matière solide que l'on sécha au bain-marie et incinéra après pesée. L'analyse de la partie insoluble et de la partie soluble pour chacun des échantillons est reproduite dans le tableau CXXI.

TABLEAU CXXI. — Composition des guanos traités par l'eau.

	N° 4.		N° 5.		N° 6.	
Partie soluble dans l'eau, comprenant. . .	57.01		48.92		48.01	
Eau.		15.14		18.42		16.56
Phosphate de chaux tribasique		0.60		0.48		0.44
Acide phosphorique.		2.62		2.34		2.38
Égal à phosphate de chaux tribasique. . .		(5.68)		(5.08)		(5.16)
Acide sulfurique.		6.29		2.88		3.30
Acide oxalique		5.70		5.67		5.18
Chlore.		1.48		1.50		1.02
Potasse		3.69		1.91		1.71
Soude.		1.62		1.47		0.86
Sels ammoniacaux et matières organiques solubles[1]		19.87		14.25		16.56
Partie insoluble dans l'eau, comprenant . .	42.99		51.08		51.99	
Phosphates insolubles		19.52		20.92		21.60
Oxalate de chaux		0.77		1.17		1.37
Potasse et soude.		0.63		0.61		0.77
Matière siliceuse insoluble (sable).		1.21		1.11		1.51
Matières organiques insolubles[2]		20.86		27.27		26.74
		100.00		100.00		100.00
1. Contenant azote.	11.59		9.88		»	»
Égal à ammoniaque		14.07		11.98	»	»
2. Contenant azote.	3.82		5.46		»	»
Égal à ammoniaque		4.67		6.63	»	»
	15.41	18.74	15.34	18.61	»	»

Il ressort de ces analyses que, si une forte proportion du guano péruvien est soluble dans l'eau, une faible quantité du phosphate tribasique entre en dissolution; que l'acide phosphorique combiné avec les alcalis est présent à haute dose dans le guano, ainsi que l'acide oxalique qui, en combinaison avec l'ammoniaque, passe dans la solution à l'état d'oxalate d'ammoniaque. Il reste peu d'acide oxalique et seulement un peu de potasse et de soude dans la partie insoluble. Enfin, la plus grande partie de l'azote renfermé dans la matière organique du guano est soluble dans l'eau.

TABLEAU CXXII. — Composition du guano à l'état naturel et après épuisement par l'eau.

	GUANO naturel non traité par l'eau.	GUANO épuisé par l'eau.	
Eau	15.90	»	»
Matière organique et sels ammoniacaux [1]	53.73	»	»
Phosphates de chaux et de magnésie	22.07	»	»
Sels alcalins	7.17	»	»
Matière siliceuse insoluble	1.13	»	»
	100.00	»	»
1. Contenant azote	15.74	»	»
Égal à ammoniaque	19.11	»	»
Partie soluble dans l'eau, comprenant	»	74.89	»
Eau	»	»	15.90
Phosphate de chaux tribasique	»	»	2.92
Sels alcalins	»	»	6.91
Acide phosphorique combiné aux alcalis	»	»	1.28
Matière organique soluble (résidu d'évaporation)	»	»	14.42
Matière organique soluble (décomposée pendant l'évaporation)	»	»	33.46
Partie insoluble dans l'eau, comprenant	»	25.11	»
Phosphates insolubles	»	»	19.82
Oxalate de chaux	»	»	0.56
Potasse et soude	»	»	0.77
Matière siliceuse insoluble (sable)	»	»	1.36
— organique insoluble	»	»	2.60
	»	100.00	100.00

Les cendres parfaitement blanches, provenant de l'incinération des matières insolubles, se dissolvent dans l'acide chlorhydrique sans la moindre effervescence. L'acide sulfurique y a beaucoup diminué.

Dans un autre essai pour épuiser à fond le guano, en le faisant bouillir à plusieurs reprises dans de grandes quantités d'eau, et lavant la partie insoluble sur le filtre pendant cinq jours à l'eau distillée, Vœlcker a obtenu les résultats consignés dans le tableau CXXII.

On voit que le guano a abandonné finalement à l'eau les trois quarts de son poids; le dernier quart consiste presque exclusivement en matière siliceuse insoluble et en phosphates qui retiennent toujours un peu de potasse et de soude par affinité spéciale.

TABLEAU CXXIII. — Essais de solubilité des phosphates du guano fermenté.

	APRÈS épuisement par l'eau.	ÉPUISÉ par l'eau après 2 jours d'imbibition.	ÉPUISÉ PAR L'EAU après 3 semaines d'imbibition.	
			»	Ramené à 16.57 p. 100 eau.
Matières solubles dans l'eau . .	74.25	74.44	»	»
— insolubles dans l'eau . .	25.75	25.66	»	»
	100.00	100.00	»	»
Eau	16.57	»	34.84	16.57
Azote	15.71	»	9.48	12.13
Égal à ammoniaque	(19.09)	»	(11.51)	(14.73)
Phosphate de chaux tribasique (dans la solution aqueuse) . .	»	»	1.53	1.96
Acide phosphorique tribasique . .	3.13	3.66	4.04	5.10
Égal à phosphate de chaux tribasique	(6.78)	(7.94)	(8.76)	(11.06)
Phosphate de chaux insoluble . .	18.27	17.58	14.10	18.05
Oxalate de chaux	0.85	»	4.69	6.00

Solubilité des phosphates du guano. — Liebig a constaté que le sulfate et l'oxalate d'ammoniaque ont la propriété de rendre solubles les phosphates insolubles. Vœlcker a vérifié cette propriété des

deux sels que renferme le guano sur la solubilité des phosphates également contenus dans l'engrais. Leur action, très lente, est plus manifeste quand le guano est resté pendant un certain temps imbibé d'eau.

Dans le tableau CXXIII sont réunis les résultats du dosage de l'azote, des phosphates solubles et insolubles et de l'oxalate dans le guano, après épuisement par l'eau ; dans le même guano épuisé par l'eau après deux jours et après trois semaines d'imbibition. Pour rendre plus claires les différences résultant du dernier essai de fermentation du guano après trois semaines, les chiffres des dosages ont été ramenés par le calcul, pour une même teneur en eau, que dans le guano primitif, soit à 16.57 p. 100.

Pendant la fermentation active causée par l'eau d'imbibition, une partie des éléments organiques s'est convertie en carbonate d'ammoniaque qui s'est peu à peu dégagé ; en même temps, il s'est produit de l'acide oxalique qui a rendu soluble une partie des phosphates insolubles. Ainsi, dans une courte période de trois semaines, il y a eu perte de 3.58 p. 100 d'azote correspondant à 4.34 p. 100 d'ammoniaque ; et par la disparition de la matière organique, la dose des phosphates s'est élevée de 25.05 à 31.07 p. 100. C'est dans la solution aqueuse que cette augmentation apparaît, les phosphates insolubles deviennent solubles par l'action combinée du sulfate et de l'oxalate d'ammoniaque, comme le prouve la présence de 6 p. 100 d'oxalate de chaux dans le produit final.

Action de l'acide sulfurique. — L'addition d'une faible quantité d'acide sulfurique dans le guano a une action bien plus certaine que la fermentation pour transformer les phosphates insolubles en phosphate solubles, sans qu'il y ait déperdition d'ammoniaque. Cette action est due à la présence de l'oxalate d'ammoniaque et à la formation du sulfate qui résulte de sa décomposition. Vœlcker a recherché la dose d'acide la plus convenable à employer pour la transformation des phosphates insolubles du guano.

Sur un échantillon analysé de guano du Pérou de bonne qualité, il fut prélevé quatre quantités que l'on traita respectivement par 5, 10, 15 et 20 p. 100 d'acide sulfurique (SO^3HO). Chacun des mélanges, desséché au-dessus du bain-marie, fut pesé et épuisé par

l'eau distillée, afin de permettre d'analyser séparément la partie soluble dans l'eau et la partie insoluble.

Les résultats de ces essais qui sont présentés (tableau CXXIV) en regard de la composition du guano naturel servant d'échantillon, indiquent, pour le guano mélangé avec 5 p. 100 d'acide :

1° Que la moitié des phosphates a été rendue soluble dans l'eau ;

2° Que la plus grande partie de l'acide oxalique reste à l'état d'oxalate de chaux dans la partie insoluble, tandis qu'une proportion équivalente d'acide phosphorique mise en liberté passe combinée avec l'ammoniaque et la potasse dans la solution ;

3° Que l'azote dans le guano sulfatisé est pour trois quarts à l'état soluble dans l'eau et pour un quart insoluble.

En élevant la dose d'acide à 10 p. 100, la solubilité des phosphates s'est accrue, mais cette augmentation n'est pas en rapport avec celle de l'acide. La teneur en biphosphate reste à peu près la même, mais celle en acide phosphorique combiné avec les alcalis est plus grande.

Dans les deux essais suivants avec 15 et 20 p. 100 d'acide, la solubilité augmente au point de ne plus laisser que 3 p. 100 de phosphates insolubles dans le résultat final, mais les proportions d'acide phosphorique soluble dans les alcalis et d'oxalate de chaux dans la partie insoluble ne diffèrent pas sensiblement.

C'est donc à la dose de 5 p. 100 d'acide qu'il conviendra de s'arrêter, et afin d'opérer le mélange de cette petite quantité avec le guano, Vœlcker recommande d'étendre l'acide de son volume d'eau et d'en saupoudrer de la sciure de bois ou, à défaut, du plâtre fin, ou du sable, afin d'obtenir un mélange intime, indispensable pour les réactions.

Emploi du guano du Pérou. — Pour l'emploi du guano en couverture, ou au semoir, il est insdispensable de le réduire en poudre fine et de le tamiser, pour éviter que la fine poussière étant entraînée par le vent, il ne tombe en place que des fragments plus ou moins gros, capables de brûler les jeunes plantes. Quand on emploie le guano à l'automne, avant la semaille, cet inconvénient est évité, et il faut s'en tenir à cette pratique pour les terres renfermant de l'argile qui absorbe les éléments fertilisants de l'engrais.

TABLEAU CXXIV. — Composition du guano traité par l'acide sulfurique.

	GUANO naturel.	GUANO traité par 5 p. 100 d'acide.		GUANO traité par 10 p. 100 d'acide.		GUANO traité par 15 p. 100 d'acide.		GUANO traité par 20 p. 100 d'acide.	
Eau	13.27	»		»		»		»	
Matière organique et sels ammoniacaux [1]	51.68	»		»		»		»	
Phosphates de chaux et de magnésie	23.33	»		»		»		»	
Sels alcalins [2]	7.28	»		»		»		»	
Matière siliceuse insoluble	1.44	»		»		»		»	
	100.00	»		»		»		»	
1. Contenant azote	15.50	»		»		»		»	
Égal à ammoniaque	18.82	»		»		»		»	
2. Contenant acide phosphorique	2.33	»		»		»		»	
Égal à phosphate de chaux tribasique	5.05	»		»		»		»	
Eau chassée par dessiccation lente à 100 degrés	»		4.63		4.58		4.77		5.41
Biphosphate de chaux	»		1.36		1.51		2.74		5.36
Égal à phosphate tribasique	»	(2.12)		(2.37)		(4.28)		(8.37)	
Sulfate de chaux	»		1.84		2.09		3.74		7.31
Sels alcalins	»		11.13		10.96		11.02		10.54
Contenant acide phosphorique	»		(6.46)		(7.09)		(7.11)		(6.68)
Égal à phosphate tribasique	»	(13.99)		(15.36)		(15.40)		(14.47)	
Matière organique soluble et sels ammoniacaux [3]	»		43.91		46.45		45.41		41.59
Partie soluble dans l'eau p. 100	»		(62.87)		(65.59)		(67.68)		(73.24)
Matière organique insoluble [4]	»		8.38		7.28		10.37		9.50
Phosphates insolubles	»	(14.70)	14.70	(12.24)	12.24	(8.23)	8.23	(3.06)	3.06
Oxalate de chaux	»		12.37		13.33		12.23		12.97
Matière siliceuse insoluble	»		1.68		1.56		1.49		1.23
Partie insoluble dans l'eau p. 100	»		(37.13)		(34.41)		(32.32)		(26.76)
Total des phosphates	»	(30.81)		(29.97)		(27.91)		(25.90)	
			100.00		100.00		100.00		100.00
3. Contenant azote	»	11.41		12.00		12.07		3.01	
Égal à ammoniaque	»		13.88		14.57		14.66		3.65
4. Contenant azote	»	3.66		3.43		2.34		10.59	
Égal à ammoniaque	»		4.45		4.16		2.83		12.86
	»	15.10	18.33	15.43	18.73	14.41	17.49	13.60	16.51

La mise en poudre du guano s'obtient difficilement par les meules ou les rouleaux; aussi convient-il de le mélanger préalablement avec quelque autre matière qui empêche les grumeaux de se former. Ni le plâtre, ni le sel ne donnent de bons résultats; le charbon tamisé, le poussier et les cendres répondent mieux au but, mais le sable fin réussit bien. Si l'on incorpore le sable avec les morceaux qui n'ont pas passé à travers le tamis et qu'on écrase ensuite au rouleau, on obtient une poudre fine qu'il importe alors de mélanger avec du sel pour éviter la poussière quand on sème surtout à la main.

Vente du guano du Pérou (ancien). — Bien que la valeur commerciale du guano du Pérou ait été pendant longtemps réglée par sa teneur en ammoniaque, soit 16 p. 100 d'ammoniaque au minimum, correspondant à 30 ou 60 p. 100 de matière organique, on a dû plus tard tenir compte aussi de sa richesse en phosphate de chaux, 20 à 25 p. 100; en sels alcalins, 6 à 8 p. 100, et de sa pureté eu égard aux matières insolubles ou au sable dont la moyenne ne dépasse guère 2 p. 100.

Un bon guano par incinération perd deux tiers de son poids; et le tiers résidu est formé de cendres absolument blanches qui ne font pas effervescence par les acides. Au contraire, un guano inférieur ou frelaté, donne plus d'un tiers de cendres colorées. Si elles sont blanches, qu'elles ne se laissent pas immédiatement dissoudre par les acides, on reconnaît la présence du plâtre; ou bien qu'elles fassent effervescence par les acides, on distingue le mélange avec la craie. D'ailleurs, le vrai guano du Pérou pèse de 85 à 90 kilogr. l'hectolitre, et le guano frelaté pèse davantage, à cause de la difficulté de le frauder avec des matières de mélange de même densité.

Pendant bien des années, la composition du vrai guano a varié si peu, que la garantie donnée par le vendeur qu'il était de la provenance Gibbs, était suffisante. MM. Gibbs, qui importaient également en Angleterre du guano avarié, ne l'introduisaient sur le marché qu'avec les marques *D* et *DD* (*damaged* et *double damaged*) qui voulaient dire *avarié* et *doublement avarié,* et le faisaient vendre aux enchères.

b. — Guanos nouveaux du Pérou et d'autres provenances.

Les vastes gisements des îles Chincha, après avoir approvisionné depuis 1840 l'agriculture en Europe et en Amérique, ont atteint la période d'épuisement vers 1870. C'est vers cette époque que les agents du gouvernement péruvien, MM. Thomas, Bouar et Cie, annoncèrent à leur clientèle anglaise que, ne disposant plus de guano Chincha, au prix de 300 fr. la tonne, ils offraient du guano des îles Guanape et Macabi à un prix plus réduit.

En même temps que le guano de Guanape arrivait sur le marché pour le remplacer, suivi de celui des îles Macabi et Lobos, de nombreux guanos azotés, découverts sur d'autres points du globe, étaient mis en exploitation et offerts en concurrence avec le guano nouveau du Pérou.

Leur composition, que Vœlcker a eu si souvent à déterminer pour les membres de la Société royale d'agriculture et pour le public agricole, n'offre plus, pour certains guanos complètement épuisés aujourd'hui (Guanape, Macabi, Saldanha, Ichaboc, etc.), qu'un intérêt rétrospectif. Nous avons cru toutefois reproduire quelques-unes des analyses avec les observations auxquelles elles ont donné lieu, en regard de celles des guanos plus récents, afin qu'elles servent de terme de comparaison par rapport à l'ancien guano du Pérou.

Le guano des îles Guanape, situées à 5 degrés sud de l'équateur, importé en 1869 en Angleterre, a été analysé par Vœlcker (nos 1 et 2, tableau CXXV)[1]. Les deux échantillons essayés indiquent une humidité beaucoup plus grande et une teneur en ammoniaque moitié moindre que celle du guano des îles Chincha. De plus, le guano de Guanape n'est pas homogène, les deux analyses variant entre elles, ce qui indique qu'il est sujet à l'action des pluies ou des fortes rosées.

D'après les essais faits sur des chargements expédiés en 1870, on avait pu constater que le guano de Guanape était beaucoup plus sec que l'année précédente et se rapprochait, comme qualité, de la

1. *Report of the consulting chemist for* 1869. 1870.

TABLEAU CXXV. — Composition des guanos nouveaux du Pérou et d'autres provenances.

	ILES GUANAPE.		ILES BALLESTAS.					
	1.	2.	Isaac-Hall. 3.	Domini. 4.	Butish. 5.	Thomas. 6.	Élise. 7.	Satellite. 8.
Eau	17.79	20.10	18.04	18.06	16.67	17.77	17.93	16.77
Matières organiques et sels ammoniacaux[1]	42.62	38.67	49.22	46.81	49.61	49.04	48.73	50.71
Phosphates de chaux et de magnésie	25.45	32.53	22.18	23.20	21.26	21.69	20.63	21.74
Sels alcalins[2]	11.92	5.97	8.40	9.49	11.17	9.86	11.32	9.09
Matière insoluble	2.22	2.73	2.16	2.44	1.29	1.64	1.39	1.69
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	10.04	7.87	12.91	12.27	13.20	13.60	12.59	12.78
Égal à ammoniaque	12.19	8.94	15.67	14.89	16.03	16.51	15.29	15.51
2. Contenant acide phosphorique soluble	4.75	3.19	2.82	2.70	2.95	2.31	2.96	2.10
Égal à phosphate tribasique de chaux	10.37	6.98	6.16	5.89	6.44	5.04	6.46	4.58
Acide phosphorique total	»	»	»	»	»	»	»	»

TABLEAU CXXV. — Composition des guanos nouveaux du Pérou et d'autres provenances (*suite*).

	ANGAMOS (Bolivie).		PABELLON DE PICA (PÉROU SUD). PABELLON.				HUANILLOS.		PUNTA DE LOBOS.	
	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Eau.	7.24	8.76	13.20	8.63	9.93	14.28	15.69	16.35	8.71	8.09
Matières organiques et sels ammoniacaux [1].	69.01	69.96	42.05	38.17	40.29	40.12	39.70	37.15	34.34	27.07
Phosphates de chaux et de magnésie.	12.06	12.07	26.65	25.97	24.98	28.51	26.31	24.85	30.31	41.48
Sels alcalins [2].	9.02	8.27	12.63	18.29	19.47	12.87	14.05	17.42	21.65	17.65
Matière insoluble.	2.67	0.94	5.47	8.94	5.33	4.22	4.25	4.23	4.99	5.71
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote.	21.15	19.30	9.81	8.22	8.49	8.88	8.05	7.51	6.79	5.09
Égal à ammoniaque.	25.68	23.44	11.91	9.98	10.31	10.78	9.78	9.11	8.25	6.18
2. Contenant acide phosphorique soluble	»	3.01	1.79	0.79	1.30	1.70	2.59	2.91	1.66	1.16
Égal à phosphate tribasique de chaux	»	6.57	3.91	1.72	2.83	3.71	5.59	6.35	3.62	2.54
Acide phosphorique total.	»	»	13.99	12.68	12.74	14.76	14.61	14.29	15.54	20.16

TABLEAU CXXV. — Composition des guanos nouveaux du Pérou et d'autres provenances (*fin*).

	INDEPENDENCIA (Pérou sud).		ILE LOBOS (Pérou sud).		SALDANHA.	ICHABOC (Afrique).	ÉGYPTIEN.	
	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.
Eau	9.74	8.68	14.95	11.90	22.25	17.01	17.19	15.06
Matière organique et sels ammoniacaux [1]	31.86	36.97	19.45	16.90	37.43	41.54	39.50	39.30
Phosphates de chaux et de magnésie	20.26	18.50	37.10	50.97	18.24	20.18	18.28	19.89
Sels alcalins [2]	13.33	13.21	8.76	11.93	3.59	2.53	20.93	20.39
Matière insoluble	24.81	22.64	9.74	8.30	18.49	16.85	1.34	2.21
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	98.11	97.24	96.85
1. Contenant azote	7.33	8.53	4.07	2.97	9.29	10.07	11.81	10.93
Égal à ammoniaque	8.90	10.36	4.94	3.60	11.28	12.23	13.97	13.27
2. Contenant acide phosphorique soluble	1.32	0.70	1.08	0.86	0.99	»	»	»
Égal à phosphate tribasique de chaux	2.88	1.53	2.36	1.87	2.02	»	»	»
Acide phosphorique total	10.60	9.17	18.01	23.35	9.35	»	»	»

moyenne des dernières importations de guano péruvien. Mais en 1871, sur 78 échantillons de guanos analysés par Vœlcker, dont les trois quarts provenant des îles Guanape, la teneur en eau s'élevait de 22 à 24 p. 100; l'ammoniaque ne titrait pas au delà de 11 p. 100 et, dans certains échantillons, au-dessous de 7 p. 100. Les agents du gouvernement péruvien persistant à vendre ce guano à un même prix fixe, sans tenir compte des différences de composition, la vente s'est abaissée notablement. Les agriculteurs se sont refusés de prendre livraison d'un produit aussi variable, sans garantie dans la teneur, et ont cherché l'équivalent du guano dans d'autres fertilisants.

Le guano de l'île Macabi, située dans le voisinage des îles Guanape, a été importé en 1872; il ressemblait par sa composition et ses caractères extérieurs au guano de Guanape qui pouvait être regardé comme renfermant en moyenne 22 p. 100 d'eau, 30 p. 100 de phosphates et 12 p. 100 d'ammoniaque. S'il y a eu des chargements dont le guano ait dosé jusqu'à 14 p. 100 d'ammoniaque, c'était à titre exceptionnel. Il renfermait, du reste, beaucoup de carbonate d'ammoniaque volatil qui lui donnait son odeur pénétrante et n'était pas sans danger pour les récoltes quand il était employé en couverture et que le temps se maintenait sec. Enfin, l'état pâteux de ce guano entraînait des frais spéciaux pour sa pulvérisation.

Dès 1871, les agents du Gouvernement du Pérou pour la France et l'Allemagne ont commencé à introduire à Rotterdam et à Hambourg un guano extrait des îles Ballestas, à proximité des îles Chincha. Comme celui de Chincha, ce guano, sec, de couleur jaunâtre, contenant peu de matière insoluble, dosait en moyenne de 14.75 à 16.50 p. 100 d'ammoniaque. Sur les 17 chargements ayant donné lieu à des prises d'échantillons pour analyse[1], nous avons choisi au hasard 6 analyses qui figurent sous les numéros 3 à 8 dans le tableau CXXV. Les dépôts de ce guano ont été reconnus comme suffisants pour approvisionner le marché pendant nombre d'années.

Le promontoire d'Angamos, sur la côte de Bolivie, fournit un guano de qualité qui a été peu régulièrement importé en Europe, à

---

1. *Annual report for* 1871. 1872.

cause des difficultés que présente son exploitation à flanc de rochers. Vœlcker a déterminé la composition de deux échantillons[1] (col. 9 et 10, tableau CXXV). Ce guano, très sec, jaune clair, exhalant une odeur de poisson, est plus riche en azote que celui des îles Chincha, mais en revanche plus pauvre en phosphates de chaux et de magnésie. N'ayant subi aucune décomposition, le guano d'Angamos avait une réaction acide; mais étant imbibé d'eau et abandonné en lieu chaud, il ne tardait pas à fermenter et, par la production du carbonate d'ammoniaque, à montrer une réaction alcaline.

Les gisements des îles Guanape et Macabi étant épuisés, les agents du gouvernement péruvien ont livré, dès 1875, des guanos du sud du Pérou comme devant pourvoir à l'avenir à la plus grande partie des approvisionnements. Ces guanos qui proviennent de Pabellon de Pica, au sud d'Iquique, de la baie Independencia et des îles Lobos, ont été analysés par Vœlcker. Nous avons rapporté dans le tableau CXXV quelques-unes seulement des compositions qu'il a déterminées[2].

Le groupe de Pabellon de Pica comprend trois variétés : Pabellon, Huanillos et Punta de Lobos. De ces variétés, celle de Pabellon est la meilleure; mais toutes trois sont sèches, en poudre fine et supérieures aux guanos de Guanape et de Macabi. Les guanos de la baie Independencia, également très secs, sont presque aussi riches en ammoniaque que ceux de Pabellon, mais plus pauvres en phosphates et contiennent du sable. Quant aux guanos de l'île Lobos, à teneur bien moins élevée en ammoniaque, ils sont particulièrement riches en phosphates, mais de valeur inférieure à celle des précédents guanos.

Les trois dépôts qui forment le groupe de Pabellon de Pica, d'après les estimations faites, renfermaient plus de 7 millions et demi de tonnes de guano. Dans les analyses que Vœlcker fut chargé de faire en 1874 par le secrétaire d'État aux affaires étrangères[3], il avait reconnu que le guano proprement dit de Pabellon, coloré en brun clair, pulvérulent, titrant entre 8 et 13 p. 100 d'ammoniaque et de

1. *On phosphatic guanos.* 1876.

2. *Annual report for* 1876. 1877.

3. *Report on the composition of Peruvian guano sent by the secretary of the admiralty. — Journ. Roy. Agric. Soc. England,* t. X, 1874.

1 à 9 p. 100 de sable, appartient à une formation relativement récente et est comparable à l'ancien guano de Chincha. Le guano de Punta de Lobos qui tient 8 p. 100 d'ammoniaque et une quantité considérable de sels alcalins, est sec, finement divisé et comparable au guano de Guanape. Quant au guano de Huanillos dont la teneur en ammoniaque varie entre 8 et 10 p. 100, il est également sec, pulvérulent et de couleur brun clair. Les sels alcalins de ces guanos qui renferment une proportion notable d'acide phosphorique en combinaison, consistent principalement en chlorure de sodium, en sulfate et phosphate de potasse et de soude, et en nitrates.

La détermination de l'acide nitrique dans les échantillons consignés par le Gouvernement a donné comme chiffres :

				ACIDE NITRIQUE p. 100.
Moyenne	de 5	échantillons	Pabellon	0.551
—	de 3	—	Punta de Lobos	2.396
—	de 5	—	Huanillos	1.406

La présence de l'acide nitrique à une dose aussi forte dans ces guanos jette un jour sur la formation des vastes dépôts de nitrate de soude dans la province de Parapean et d'autres localités du Pérou méridional.

Le guano de la baie de Saldanha (n° 23, tableau CXXV) est de couleur brun foncé, d'une odeur pénétrante due au carbonate d'ammoniaque volatil, comme celui d'Ichaboe analysé également (n° 24), il provient des fientes récentes des oiseaux de mer qui pullulent autour de ces îles. Le fait que la pluie est rare dans ces parages explique la teneur élevée en ammoniaque de ces dépôts qui sont principalement exploités en vue de l'Écosse, et donnent lieu à des expéditions nombreuses au port de Leith. Le guano d'Ichaboe, plus jaune que celui de Saldanha, est mélangé le plus souvent avec les plumes et les autres détritus des oiseaux qui le produisent[1].

Sous les nos 25 et 26 figurent les analyses de deux guanos importés d'Égypte en 1863 ; bien qu'inférieurs au guano du Pérou, ils n'en ont pas moins une valeur réelle, étant particulièrement riches en

1. *Annual report for* 1876. 1877.

matière organique et en sels ammoniacaux, qui tiennent plus de 13 p. 100 d'ammoniaque [1].

Vente des nouveaux guanos du Pérou. — Dans les dernières années du contrat du gouvernement péruvien avec les consignataires Thomas, Bouar et C[ie], qui prit fin en 1872, les récriminations des agriculteurs anglais contre la qualité et le prix des guanos ne tarirent pas. Le fait de l'abaissement de la teneur en ammoniaque, sans réduction correspondante dans le prix du guano, n'était pas sans gravité pour des cultivateurs habitués à recevoir jusqu'alors un produit sec, coloré en jaune et riche en matière azotée. Si les roches phosphatées, récemment découvertes en amas puissants sur divers points du globe, ne laissaient pas prévoir un épuisement prochain des ressources en acide phosphorique, du moins, pour le guano du Pérou qui avait été la principale source d'ammoniaque, les craintes d'épuisement étaient fondées. D'ailleurs, le vrai guano du Pérou, à cause de son état de siccité, se prêtait sans trop de difficulté à la pulvérisation, tandis qu'avec les guanos des récents arrivages, titrant seulement de 10 à 12 p. 100 d'ammoniaque et de 25 à 30 p. 100 d'eau, entremêlés de nodules pâteux, la mise en poudre créait un véritable embarras pour le cultivateur.

Dans le tableau CXXVI nous avons réuni, pour rendre palpable la différence de composition entre les produits expédiés avant et après 1870, les analyses que Vœlcker a données des guanos qu'il a lui-même employés dans ses nombreuses expériences sur la culture des navets de Suède et sur l'application de divers engrais en couverture pour la culture du froment [2]. Il n'est pas difficile de constater que si le guano de 1870, n° 4, est encore originaire de Chincha, il renferme non seulement moins des deux tiers de l'ammoniaque contenue dans les autres échantillons (1 à 3), mais qu'il est mélangé de matières inertes, telles que pierres, terre et sable [3]. Quant à l'échantillon n° 5,

1. *Annual report on adulterations for* 1863 ; décembre 1863.

2. *Experiments upon Swedes*, 1858, 1861. — *Experiments with top-dressings upon wheat* ; 1860, 1862, 1863.

3. *Report of the chemical committee for* 1870. 1871.

mis en essais en 1881, sans contenir autant d'impuretés, il ne titre que 10.8 d'ammoniaque et 16.39 d'acide phosphorique[1].

Bien que le Gouvernement eût traité en 1872 avec MM. Dreyfus frères et C[ie], pour la vente du guano en France, MM. Schrœder et C[ie] étant leurs consignataires pour la Grande-Bretagne, il fit une convention nouvelle, en 1876, avec la Société dite du guano péruvien (*limited*) pour la consignation du guano à l'étranger. Cette société annonça, dès ses débuts, que le guano de chaque chargement serait livré par elle d'après une échelle de prix basés sur la composition moyenne du chargement; et ce fut le chimiste-conseil de la Société royale d'agriculture d'Angleterre qu'elle désigna pour les analyses.

TABLEAU CXXVI. — Composition de guanos du Pérou mis en expérience à diverses dates.

	1858. 1.	1859 et 1860. 2.	1862. 3.	1870. 4.	1881. 5.
Eau	18.50	17.12	17.03	11.22	19.10
Matière organique et sels ammoniacaux [1].	52.33	51.31	52.04	38.89	36.65
Phosphate de chaux et de magnésie	21.66	22.55	19.61	23.92	26.13
Sels alcalins [2]	6.41	7.94	10.55	7.73	13.32
Matière siliceuse insoluble	1.10	1.08	0.89	18.24	4.80
	100.00	100.00	100.12	100.00	100.00
1. Contenant azote	14.16	14.64	14.94	8.75	8.90
Égal à ammoniaque	17.19	17.77	18.14	10.62	10.81
2. Contenant acide phosphorique	1.46	»	1.22	»	4.42
Acide phosphorique total	»	»	»	»	16.39

C'est assurément une juste garantie, fait observer Vœlcker, que celle offerte par l'analyse, mais pour les cultivateurs qui achètent le guano par lots de 1 à 2 tonnes, il serait désirable, étant données les variations qui existent entre les variétés des guanos du Pérou sud

1. *Field experiments on swedish turnips.* 1881.

qui ont remplacé ceux des îles Chincha, Guanape, etc., de faire des mélanges aux ports de chargement afin d'obtenir un produit commercial d'une valeur déterminée. La mention de guano véritable du Pérou ne suffit plus à l'agriculteur pour le fixer sur le produit qu'il achète, ni pour le protéger contre la fraude[1] dans la vente au détail.

Guano dissous. — C'est par considération pour les difficultés d'une livraison de guano de composition uniforme, également fin et sec, que le Gouvernement autorisa en 1874 ses agents en Europe à le traiter par l'acide sulfurique et à le livrer à l'état de guano dissous[2], sec, en poudre fine et d'une composition garantie sur analyse.

Dès 1870, et depuis cette année, de vastes usines furent établies par la maison Ohlendorf et Cie à Hambourg pour fabriquer l'acide sulfurique nécessaire au traitement du guano. Après dessiccation et criblage, le guano était mélangé dans ces usines avec la dose d'acide qu'exige la conversion du carbonate volatil d'ammoniaque en sulfate neutre d'ammoniaque non volatil, et du phosphate insoluble en phosphate soluble dans l'eau. L'engrais résultant du mélange avec l'acide sulfurique étant sec, pulvérulent, à l'état concentré, et réunissant les avantages des superphosphates avec ceux du guano, n'a pas tardé, malgré une augmentation de prix de 12 fr. 50 c. par 1,000 kilogr. par rapport au guano du Pérou, à trouver grande faveur auprès des agriculteurs allemands. Vœlcker affirme qu'en 1871 déjà, la vente du guano dissous en Allemagne avait atteint 60,000 tonnes.

D'après les analyses que Vœlcker a publiées du guano dissous de Hambourg (n°s 1 et 2, tableau CXXVII)[3], on remarquera que, tout en dosant de 10.5 à 12 p. 100 d'ammoniaque, le guano dissous renferme de 20.5 à 22 de phosphate soluble et de 5 à 7 p. 100 de phosphates insolubles ; et constitue par cela même un engrais supérieur au guano brut, pâteux et vendu sans garantie des îles Guanape, etc.

Aux docks Victoria, à Londres, les agents du gouvernement péruvien avaient également installé, en 1872, des chambres à acide sulfu-

1. *Annual report for* 1876. 1877.
2. *Annual report for* 1874. 1875.
3. *Annual report of the consulting chemist for* 1872. 1873.

rique pour la fabrication du guano dissous destiné à la consommation en Angleterre.

TABLEAU CXXVII. — Composition du guano dissous par l'acide sulfurique.

	GUANO DISSOUS.	
	Septembre 1872. 1.	Décembre 1872. 2.
Eau	14.65	16.78
Matière organique et eau combinée [1]	42.57	41.88
Biphosphate de chaux	13.86	13.20
Égal à phosphate de chaux tribasique	(21.71)	(20.68)
Phosphates insolubles	5.09	7.19
Sulfate de chaux	16.36	13.39
Sels alcalins et magnésie	3.78	4.39
Matière siliceuse insoluble	3.69	3.17
	100.00	100.00
1. Contenant azote	8.72	8.96
Égal à ammoniaque	10.59	11.88

On a objecté contre le traitement à l'acide sulfurique, que les phosphates du guano étant à l'état voulu d'assimilation pour les besoins des récoltes, il était inutile de les rendre plus solubles. Mais le but principal est, tout en neutralisant le carbonate d'ammoniaque, de produire par l'action de l'acide sur les phosphates insolubles une certaine quantité de sulfate de chaux qui, par sa combinaison avec une proportion d'eau déterminée, joue le rôle de dessiccateur et amène l'engrais final à l'état pulvérulent et homogène.

c. — Guano de chauve-souris.

La fiente des chauves-souris forme des dépôts considérables de guanos dans certaines grottes de l'Arkansas, du Texas, du midi de l'Espagne, de la Jamaïque et de quelques îles appartenant aux archipels de Bahama et de l'Océan Indien. Ces dépôts comprennent non

seulement les excréments, mais les corps des chauves-souris, des détritus d'insectes et plus ou moins de terre en mélange. Le guano a une couleur variant entre le brun clair et le brun foncé, et sent très faiblement l'ammoniaque. Certains guanos sont légers, pulvérulents, odorants et secs ; d'autres sont lourds, terreux, pâteux et inodores.

C'est surtout dans les immenses cavernes rocheuses du Texas et de l'Arkansas qu'on a découvert les plus vastes dépôts, jusqu'à 15,000 et 20,000 tonnes dans une seule excavation.

La composition du guano de chauve-souris varie considérablement, suivant la région dans laquelle vivent les insectes dont les chauves-souris font leur nourriture, et suivant l'état, ancien ou frais, des amas. Le tableau CXXVIII réunit les diverses analyses que Vœlcker a faites des guanos de chauves-souris de plusieurs provenances. Nous faisons suivre ces analyses des observations qu'il a publiées [1].

Guanos de l'Arkansas. — Des deux échantillons dosés, le premier, désigné comme venant d'un ancien dépôt (n° 1), était terreux et sec ; le second (n° 2), fourni par un dépôt récent, était très mouillé, en mottes et de couleur foncée.

Malgré son état de siccité, le guano n° 1 renferme moitié moins de matière organique et de sels ammoniacaux et beaucoup moins d'acide nitrique que le n° 2 ; mais il est plus riche en phosphates. Il renferme toutefois tellement de matières siliceuses, de terre et de sable, que l'exploitation du guano dans ces conditions ne saurait être profitable.

Le guano frais n° 2, qui contient 8.80 p. 100 d'azote fourni par les matières azotées, les sels ammoniacaux et les nitrates, était rempli de fragments d'aile d'insectes, et ne révélait aucune quantité appréciable de carbonate volatil d'ammoniaque. La présence d'une dose aussi notable de nitrates s'explique par la perméabilité à l'air du dépôt. Un pareil engrais sur le marché vaudrait 250 fr. les 1,000 kilogr.

L'examen d'autres échantillons de guanos expédiés du Texas et de

1. *On Bats'guano ; Roy. Agric. Soc. of England journal* ; vol. XIV, 1878.

TABLEAU CXXVIII. — Composition de divers guanos de chauves-souris.

	ARKANSAS.		SUD D'ESPAGNE.		JA-MAÏQUE.	CHINE.	ILES DE BAHAMA. Guano Guanahani.				PROVENANCE inconnue.	
	Ancien dépôt.	Dépôt récent.				PENANG.						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Eau	6.74	33.53	18.81	18.32	23.07	10.54	27.05	23.46	27.73	31.12	11.42	13.80
Matière organique [1]	21.32	41.63	42.09	53.47	23.65	9.25	14.72	11.38	21.18	10.71	73.58	73.99
Sels ammoniacaux						»	»	»	»	»		
Acide phosphorique soluble [2]	6.64	1.92	4.65	1.08	»	»	13.77	12.34	21.09	15.20	»	»
— — insoluble [2]		1.84		4.33	»	»					»	»
Chaux	6.11	1.87	5.18	3.52	»	»	25.75	30.90	16.01	26.70	»	»
Phosphate de chaux	»	»	»	»	34.49	38.08	»	»	»	»	8.47	4.13
Carbonate de chaux	»	»	»	»	»	5.69	»	»	»	»	»	»
Sulfate de chaux	»	»	»	»	4.95	13.76	»	»	»	»	»	»
Magnésie, sels alcalins, etc., indéterminés	15.09	3.12	15.28	2.06	7.86	6.87	12.66	17.83	6.89	14.19	5.83	6.17
Potasse	»	»	»	11.15	»	(2.32)	»	»	»	»	»	»
Matière siliceuse insoluble	42.30	4.69	13.99	»	5.98	15.81	4.79	3.04	2.99	1.14	0.65	0.91
Acide nitrique [1]	1.80	8.40	»	6.07	»	»	1.26	1.05	4.08	0.91	»	0.67
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote total	2.94	8.80	4.96	8.91	1.26	0.33	1.01	0.80	2.99	1.08	8.92	9.97
Égal à ammoniaque total	3.57	10.69	6.02	10.81	1.53	0.40	1.23	0.97	3.63	1.31	10.83	12.09
2. Égal à phosphate de chaux tribasique	14.49	8.21	10.15	11.80	»	»	30.06	26.94	46.04	33.19	13.45	9.62

l'Arkansas démontre que la composition varie beaucoup d'une caverne à l'autre :

	a.	b.	c.	d.
Eau	27.24	23.60	64.07	12.30
Matière organique et sels ammoniacaux	5.84	8.26	21.57	30.41
Contenant ammoniaque	0.59	0.58	3.53	6.52
Phosphate de chaux tribasique	5.19	54.49	3.08	18.18
Nitrates de chaux, de magnésie, de potasse et de soude	1.38	9.85	4.97	14.86
Matière siliceuse insoluble	42.19	2.15	3.31	16.70

L'échantillon *a*, pauvre en matière organique, en phosphates et en nitrates, et mélangé avec des matières siliceuses en quantité, n'a qu'une bien faible valeur comme engrais. L'échantillon *b*, grâce à sa teneur en acide nitrique et en acide phosphorique, vaudrait aux cours du marché, en 1878, 175 fr. la tonne. Malgré son degré d'humidité, l'échantillon *c* qui titre en nombres ronds 3.5 p. 100 d'ammoniaque et 3 p. 100 d'acide nitrique, constitue un engrais précieux. Dans le quatrième échantillon *d* qui dose 6.52 d'ammoniaque fournie par la matière organique et les sels ammoniacaux, et 9.75 p. 100 d'acide nitrique correspondant à 17.19 de nitrate de soude, soit, au total, 7.89 d'azote ou 9.58 p. 100 d'ammoniaque, avec 18 p. 100 de phosphate tribasique, la valeur commerciale atteindrait 275 fr. les 1,000 kilogr.

Guano d'Espagne. — Ce guano, extrait des grottes dans le midi de l'Espagne, est poreux, volumineux, de couleur foncée, inodore et plein de fragments d'insectes. Dans l'analyse n° 3 (tableau CXXVIII) l'acide nitrique n'a pas été dosé ; mais dans l'analyse n° 4, la teneur en acide nitrique a été trouvée de 6.07 p. 100. Les deux échantillons qui titrent de 6 à 11 p. 100 d'ammoniaque et de 10 à 12 p. 100 de phosphate de chaux tribasique, représentent des engrais d'une valeur fertilisante et commerciale élevée.

Guano de la Jamaïque. — Ce guano (n° 5) est lourd et coloré en brun ; il est pauvre en ammoniaque, sans être exceptionnellement riche en phosphates.

Guano de Penang. — Le guano de Penang, connu sous le nom de Typelawer, est recherché pour la canne à sucre, mais les Chinois

le frelatent, de façon que, sur certains échantillons, tels que celui analysé n° 6, on constate bien la présence de 38 p. 100 de phosphate de chaux et de 6 p. 100 de sels alcalins; mais la matière organique en proportion réduite, ne dose pas un demi pour 100 d'ammoniaque. L'engrais analysé ne serait pas efficace pour la canne à sucre.

Guano de Bahama. — Les importations en Angleterre de ce guano viennent des nombreuses grottes exploitées dans l'île Guanahani (San-Salvador). Le produit est brun foncé, à odeur très faiblement ammoniacale, rempli de fragments de coraux, souvent pâteux et en mottes.

On remarquera que dans les analyses n° 7 à n° 10, sauf le n° 9, les guanos de Bahama sont pauvres en ammoniaque, ce qui les exclut comme engrais pour les céréales; mais à cause de leur teneur en phosphate de chaux, ils peuvent être utilisés pour les racines et les anciennes prairies.

Sur d'autres échantillons examinés par Vœlcker, on constate une composition plus complexe, une proportion notable de chlorures de potassium et de sodium, ramenant le phosphate de chaux à 30 p. 100 et jusqu'à 3.30 p. 100 d'ammoniaque.

Il est donc bien difficile, sans une analyse faite avec soin du guano de chaque chargement, d'être fixé sur la valeur commerciale de l'engrais de chauve-souris, variant entre 75 et 275 fr. les 1,000 kilogr.

Sous les nos 11 et 12, figurent deux guanos de provenance inconnue que Vœlcker a analysés. Le n° 11, renfermant autant d'ammoniaque que le meilleur guano péruvien, était coté à Liverpool au prix très inférieur de 200 fr. la tonne [1]. Le n° 12, également très riche en matière organique et en ammoniaque toute formée, et renfermant des nitrates de potasse et de soude, ainsi que 5 p. 100 de phosphate soluble, constitue un engrais supérieur, pouvant valoir 300 fr. la tonne [2].

1. *Annual report of the consulting chemist for* 1879. 1880.

2. *Annual report of the consulting chemist for* 1882. 1883.

III. — Engrais inorganiques.

1. — Engrais salins.

Les engrais salins, composés de substances minérales plus ou moins solubles dans l'eau, exercent différents genres d'effets chimiques sur le sol, les végétaux et les tissus des plantes, suivant l'élément qui prédomine, que ce soit l'ammoniaque, les sels alcalins, la chaux, ou l'acide phosphorique. Les sels ammoniacaux et le nitrate de soude, dans une culture aussi intensive que celle de la Grande-Bretagne, trouvent un écoulement considérable comme engrais en couverture, pour les prairies, le blé de printemps et les autres récoltes qui ont besoin d'azote; mais ils sont surtout recherchés comme matières de mélange par le fermier qui manipule ses engrais et, en première ligne, par les fabricants qui, grâce à ces produits, augmentent à leur gré la teneur en azote des engrais industriels.

a. — *Sulfate d'ammoniaque.*

Le sulfate du commerce renferme, quand il est de bonne qualité, au moins 24 p. 100 d'ammoniaque.

Quatre échantillons de ce sulfate ont donné à l'analyse [1] :

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.
Eau	0.11	2.17	0.94	6.59
Sels fixes	0.11	3.08	0.78	1.47
Sulfate d'ammoniaque	99.88	94.75	98.28	91.94
	100.00	100.00	100.00	100.00

Les n°s 1 et 3 sont du sulfate presque pur; les n°s 2 et 4 renfermant plus de 5 p. 100 d'impuretés, devraient se coter à 25 ou 30 fr. de moins que les n°s 1 et 3. Les analyses 3 et 4 ont été publiées par Vœlcker dans ses comptes rendus d'expériences culturales sur les engrais appliqués aux navets de Suède et au froment [2].

1. *On the comm. and agric. value of artificial manures.* 1855.

2. *Experiments on Swedes.* 1858 et 1861. — *Experiments with different top-dressings upon wheat.* 1862.

On trouve également, sur le marché, du sulfate brun foncé qui provient de l'épuration du gaz d'éclairage. La plupart des produits ammoniacaux de cette provenance renferment des quantités appréciables de sulfocyanure de potassium qui exerce, même à faible dose, une action des plus pernicieuses sur la végétation. Les expériences préliminaires que Vœlcker a faites sur le rôle du sulfocyanure lui ont démontré que ce sel est un puissant poison pour le froment, l'orge et les autres céréales. L'addition de 10 kilogr. de cyanure à l'hectare, dans la quantité de sulfate d'ammoniaque appliquée en couverture au froment ou à l'orge, peut avoir de sérieuses conséquences. Cette même observation est valable pour la chaux d'épuration du gaz avec laquelle on fume souvent les prairies. De toutes manières, il convient d'examiner soigneusement les résidus des usines à gaz destinés à amender ou à fumer le sol, au point de vue du cyanogène [1].

On mélange parfois le sulfate d'ammoniaque avec du sulfate de soude, ou sel de Glauber. Vœlcker a eu maintes fois à constater cette fraude. Si le sulfate d'ammoniaque est pur, il ne laisse aucun résidu à l'incinération.

b. — *Liqueur ammoniacale des usines à gaz.*

Cette liqueur de rebut renferme du carbonate d'ammoniaque, un peu de sulfhydrate d'ammoniaque et des traces de goudron. Sa valeur dépend de sa teneur en carbonate alcalin. Sur deux échantillons de liqueur fournie par l'usine à gaz de Cirencester, Vœlcker a constaté une teneur correspondant à $1^{kgr},5$ et $2^{kgr},5$ d'ammoniaque par hectolitre. Le volume d'eau dont il faudrait payer le transport à une certaine distance, et la nécessité, pour que l'engrais produise son effet, que cette masse s'évapore, font que la liqueur ammoniacale trouve difficilement son emploi, même dans le voisinage des usines. Dans certaines localités, toutefois, les cultivateurs l'utilisent d'une manière satisfaisante [2].

Un grand nombre d'usines qui ont un débouché dans les fabriques

1. *Annual report*, etc., *for* 1874.
2. *On the comm. and agric. value of artif. manures.* 1855.

d'engrais, font écouler les liquides ammoniacaux sur des matières absorbantes telles que le charbon de tourbe, ou la sciure de bois, de façon à les saturer de sel ammoniacal.

c. — *Nitrate de soude.*

Ce sel, exporté d'abord du Pérou, aux environs d'Iquique, a eu une consommation croissante en Angleterre, comme engrais en couverture destiné aux céréales, et comme matière de mélange avec certains fertilisants spéciaux pour les prairies, les betteraves, etc.

Le nitrate vendu dans le commerce ne doit renfermer guère plus de 5 p. 100 de matières étrangères, y compris l'humidité dont il est plus ou moins imprégné. On trouvera, tableau CXXIX, les analyses de nitrates du commerce que Vœlcker a employés dans ses expériences sur le blé et les navets de Suède[2].

TABLEAU CXXIX. — Composition du nitrate de soude du commerce.

	EXPÉRIENCES sur le blé et les navets. 1859.	EXPÉRIENCES sur le blé. 1860.	EXPÉRIENCES sur le blé. 1862
Eau	1.87	2.09	3.427
Nitrate de soude pur	95.68	96.65	94.210
Chlorure de sodium	0.79	1.07	1.184
Sulfate de soude	1.17	»	»
Sable	0.49	0.19	1.179
	100.00	100.00	100.000

Il est fréquemment vendu, mélangé de sel marin, dont la présence est révélée en jetant une pincée de nitrate sur quelques charbons ardents. Le nitrate pur donne une flamme jaune intense ; s'il contient du sel marin, la flamme est verte. Le tableau CXXX réunit quelques-uns des cas de fraude avec le sel que Vœlcker a eu à examiner à différentes dates[1].

1. *Experiments with different top-dressings upon wheat.* 1860, 1862 et 1863. — *Experiments upon Swedes.* 1861.

2. *Quarterly reports of the chemical committee.* 1880, 1882 et 1883.

TABLEAU CXXX. — Composition de nitrates de soude frelatés.

	JUILLET 1879.		DÉCEMBRE 1879.		DÉCEMBRE 1881.	DÉCEMBRE 1882.
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Eau	3.49	4.40	3.65	5.01	2.55	2.81
Nitrate de soude pur	72.25	60.05	38.35	67.77	58.37	87.13
Chlorure de sodium	23.25	35.00	56.50	26.87	38.75	9.75
Sables et autres impuretés	1.01	0.55	1.50	0.35	0.33	0.31
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Le nitrate de soude, pour une bonne fumure en couverture du froment ou de l'orge, est mélangé, à raison de 200 à 250 kilogr., avec 250 à 300 kilogr. de superphosphate, à l'hectare. Pour une fumure également forte, mais très lucrative, appliquée aux betteraves mangolds, le mélange se fait à raison de 200 kilogr. de nitrate, avec 375 kilogr. de guano péruvien, 250 kilogr. de superphosphate et 250 kilogr. de sel marin, à l'hectare[1].

d. — *Terre de nitre.*

Sur les emplacements jadis occupés par les habitations et certains villages en Égypte, on extrait, sous le nom de *sebah*, une terre qui renferme une quantité notable de nitrate de potasse et plus de phosphate de chaux qu'on n'en trouve dans les sols les plus fertiles. Vœlcker a donné de cette terre, employée comme engrais, l'analyse suivante[2]:

Composition de la terre de nitre d'Égypte.

Matière organique	5.25
Oxyde de fer	5.31
Alumine	7.86
Sulfate de chaux	1.05
Phosphate de chaux	0.46

1. *The influence of chemical discoveries*, etc. 1878.
2. *Annual report*, etc., *for* 1875. 1876.

Carbonate de chaux	3.06
Magnésie	1.60
Nitrate de potasse	1.01
Chlorure de sodium	1.42
Soude	0.16
Potasse	0.79
Matière siliceuse insoluble (argile et sable)	72.03
	100.00

e. — *Sel marin.*

Le sel commun est principalement utilisé en Angleterre comme ingrédient des engrais spéciaux destinés à la culture des mangolds et mélangé en parties égales avec le nitrate de soude, comme couvertures pour l'orge et les blés de printemps. Son application sur les terres légères, en saison de sécheresse, est aussi fort utile[1].

Vœlcker a trouvé au sel de commerce qu'il a employé dans ses essais sur la culture des navets de Suède[2], la composition suivante :

Composition du sel de commerce anglais.

Eau	7.66
Matière organique	0.09
Sulfate de chaux	3.44
Chlorure de magnésium	0.11
— de sodium	88.70
	100.00

f. — *Sels de potasse.*

C'est vers 1860 que les vastes gisements de sels de potasse découverts à Stassfurth, en Saxe, furent mis en exploitation et que de nombreuses fabriques s'élevèrent dans le voisinage des mines et dans la province d'Anhalt pour la préparation de ces sels. C'est également à partir de cette époque que les expériences culturales se sont poursuivies dans le but de reconnaître l'efficacité des produits de Stassfurth sur les diverses récoltes. Vœlcker ayant visité en 1863 les exploitations saxonnes et recueilli des informations contradictoires

1. *The influence of chemical discoveries,* etc. 1878.
2. *Experiments upon Swedes.* 1861.

ou peu concluantes sur les résultats des cultures avec engrais potassiques, institua lui-même, et provoqua auprès d'autres agriculteurs, des expériences dans les terres légères, sur la culture des mangolds, des navets de Suède et des pommes de terre, avec application de l'engrais de Stassfurth. Il sera rendu compte plus loin de ces essais.

En dehors du chlorure de potassium et du sulfate de potasse à divers degrés de pureté que fabriquent les usines de Stassfurth, elles livrent, sous la forme la plus économique pour l'agriculture, le sel brut extrait des mines, renfermant 12 p. 100 de chlorure de magnésium, 24 p. 100 de sulfate de potasse et le double à peu près de sel marin. Vœlcker donne du sel qu'il a employé[1] et de la kaïnite ou sel brut livré au commerce et de bonne qualité[2], les analyses suivantes :

Composition du sel brut de Stassfurth.

	1.	2.
Humidité et eau combinée	11.63	14.24
Matière organique	0.73	»
Oxyde de fer	0.34	»
Sulfate de potasse	24.03	24.43
— de magnésie	1.14	13.22
Chlorure de magnésium	12.01	14.33
— de sodium (sel marin)	47.85	30.35
Sulfate de chaux	0.78	2.72
Magnésie	0.52	»
Sable	0.97	0.71
	100.00	100.00

Dès 1875, l'importation en Angleterre des sels potassiques d'Allemagne s'était ralentie et Vœlcker l'attribue au fait que ces sels n'ont pas répondu à l'attente qu'on en avait d'abord conçue[3]. L'expérience a démontré que, dans la plupart des terres en bonne condition agricole, le mélange des sels de potasse avec d'autres engrais

1. *Field experiments of crude german potash-salts*, etc. Février 1867.
2. *Report of the consulting chemist for* 1869. 1870.
3. *Annual report*, etc., *for* 1875; 1876; et *for* 1876. 1877.

ne produit pas un effet direct sur les récoltes auxquelles on applique le mélange. Mais sur les sols maigres, sablonneux ; sur les prairies épuisées et sur les tourbes, les sels potassiques mélangés avec des os dissous, du superphosphate et du guano, ont produit un excellent effet. Il en est de même de leur mélange avec les engrais spéciaux, destinés à la culture des pommes de terre[1].

En Allemagne, pour la culture de la betterave, un mélange à poids égal de 400 à 500 kilogr. par hectare de superphosphate de chaux et de kaïnite en poudre, a donné de bons résultats dans les terres légères ; mais c'est surtout en mélange, à la même dose par hectare, avec du guano du Pérou et du superphosphate de chaux, que le sel de Stassfurth profite à la culture des pommes de terre. Il importe de s'assurer par l'analyse de la teneur en potasse de la kaïnite, qui, lorsqu'elle est de bonne qualité, en doit renfermer 13 p. 100 et se dissoudre dans l'eau, sans laisser trop de résidu[2].

g. — *Sels de pêcheries.*

Les résidus salins des ateliers de pêcherie où l'on saumure les harengs (*pilchards*) ont été analysés par Vœlcker, sous le rapport de leur utilisation comme engrais[3].

Composition du sel de pêcherie (harengs).

Eau	5.725
Sel commun (avec traces de chaux, de magnésie et d'acide sulfurique)	85.609
Écailles de hareng, huile et matière animale[1]	6.275
Impuretés terreuses (sable coquillier, etc.)	2.391
	100.000
1. Contenant azote	0.294
Égal à ammoniaque	0.357

Un pareil engrais renfermant 85 p. 100 de sel marin et 6 p. 100 de matière animale dosant seulement 0.36 d'ammoniaque, ne vaut

1. *The influence of chemical discoveries*, etc. 1878.
2. *Report of the consulting chemist for* 1869. 1870.
3. *On the agric. and comm. value of artificial manures.* 1855.

guère plus, commercialement, que du sel ordinaire, et ne saurait lui être préféré comme engrais, en raison du sable coquillier, que pour des terres dépourvues de chaux.

b. — *Suie.*

La suie, riche en matières salines et en composés organiques, est un engrais actif, appliqué en couvertures aux céréales, au trèfle, aux prairies naturelles, en même temps qu'une matière de mélange recherchée pour les engrais à racines. Son prix dépend principalement de l'ammoniaque qu'elle renferme, combinée avec l'acide sulfurique. Dans le tableau CXXXI sont groupées les analyses que Vœlcker a faites de diverses suies de charbon que les cultivateurs anglais emploient[1].

TABLEAU CXXXI. — Composition des suies de houille.

	1.	2.	3.	4.
Eau	10.62	3.68	6.11	7.39
Matière organique[1]	46.45	40.17	70.45	43.09
Sels ammoniacaux (sulfate)				12.72
Oxyde de fer et alumine	15.70	4.39	4.05	6.51
Chaux	7.84	10.91	6.99	»
Magnésie	0.39	»	»	»
Sels alcalins	0.42	»	»	2.70
Acide sulfurique	8.67	»	»	»
Acide phosphorique	0.26	»	»	»
Acide carbonique	0.49	(Calculé avec la chaux.)		»
Carbonate de chaux	»	»	»	10.63
Carbonate de magnésie	»	»	»	1.84
Chlore	1.00	»	»	»
Silice soluble	4.00	»	»	»
Matière siliceuse insoluble	4.16	40.85	12.40	15.12
	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant ammoniaque	1.22	2.85	1.40	3.51

1. *Journ. Roy. Agric. Soc. Engl.*, 1851 ; et *Annual report for* 1879. 1880.

Le n° 4 se rapporte à un échantillon qu'il a employé dans ses essais de culture du blé[1].

La teneur en ammoniaque, comme le montre le tableau, varie suivant les houilles. Vœlcker l'a confirmé encore par des dosages[2] sur les suies provenant de trois houilles différentes, à savoir :

	1.	2.	3.
Ammoniaque p. 100	1.87	3.83	5.36

Un moyen pratique pour reconnaître la qualité des suies consiste à les mélanger avec un peu de chaux vive et d'eau : la suie qui donne l'odeur d'ammoniaque la plus piquante est la meilleure. On l'altère parfois à l'aide de cendres de houille finement tamisées.

i. — *Scories de fer.*

Au point de vue chimique, la scorie est un silicate double de chaux et d'alumine, avec un peu de silicate de magnésie provenant de la chemise calcaire du haut fourneau. Dans certaines usines, cette scorie, coulée au rouge dans une turbine et violemment agitée dans l'eau, est réduite en fragments légers, poreux comme de la pierre ponce, qui se laissent réduire facilement en poudre fine. Ce produit donne à l'analyse[3] :

Composition de scories de fer désagrégées.

Silice	43.50
Alumine et oxyde de fer	22.95
Chaux	31.50
Magnésie et perte	2.05
	100.00

La proportion de chaux est assez élevée pour que la scorie désagrégée puisse être utilement appliquée aux sols tourbeux. Il est vrai que la chaux est associée à la silice, et que son action en est retar-

1. *Experiments with different top-dressings upon wheat.* 1862.
2. *On the agric.*, etc., *value of manures.* 1855.
3. *Annual report.* etc., *for* 1873. 1874.

dée, mais alors, on peut forcer la dose jusqu'à 15 ou 20 tonnes à l'hectare ; l'engrais ne coûtant que les frais d'enlèvement et de transport. L'acide carbonique fourni par la décomposition des matières végétales, qui abondent dans les terres tourbeuses, agit sur le silicate de chaux qu'il transforme en partie en carbonate de chaux, en mettant en liberté de la silice soluble à l'état gélatineux. Or, la silice, que l'on croit nécessaire, surtout pour les céréales et les herbes des prairies, est un élément qui fait défaut sous la forme soluble aux sols tourbeux ; et il se peut qu'elle soit, sous ce rapport, d'une utilité reconnue, bien qu'aucune expérience jusqu'ici n'ait démontré péremptoirement que la silice ait exercé un effet avantageux sur les récoltes de céréales.

2. — Engrais phosphatés.

a. — *Os pour engrais.*

Les os que l'on trouve dans le commerce sont généralement dégraissés par une ébullition prolongée. La graisse des os qui a eu une valeur commerciale établie, n'offre aucune utilité comme engrais. Au contraire, sa présence dans le sol n'est pas désirable, car elle retarde la décomposition des os, en formant avec le carbonate calcaire du tissu osseux un savon de chaux qui résiste à l'action atmosphérique.

La composition des os importés en Angleterre, fermentés et mélangés, ainsi que celle des os recueillis à Londres, figurent sous les nos 1 et 4 dans le tableau CXXXII. Dans les os en fermentation, la teneur en matière organique est moindre que dans les os verts, mais les phosphates y sont à dose plus élevée, sans que ces différences soient très notables[1].

Les os bouillis, dont on a extrait non seulement la graisse, mais encore la gélatine, à l'usage des fabricants de colle forte, renferment encore de la matière organique, qui, en se décomposant, fournit de

1. *On the composition and value of phosphatic materials used for agricultural purposes.* (*Journ. Roy. Agric. Soc. England*, vol. XXI, 1861.)

l'ammoniaque. Sous les n°s 5 et 6 sont données deux analyses d'os bouillis, livrés au commerce des engrais et à l'agriculture.

TABLEAU CXXXII. — Composition des os de commerce.

	OS IMPORTÉS.			OS de Londres.	OS BOUILLIS.		ROGNURES d'os.
	Fermentés. 1.	En décomposition. 2.	Mélangés. 3.	4.	5.	6.	7.
Eau	12.02	12.15	12.13	12.31	8.06	7.70	13.12
Matière organique [1]	28.71	27.27	27.80	30.73	25.45	25.27	26.12
Phosphate tribasique de chaux et de magnésie	49.28	52.99	52.70	49.72	60.48	43.73	53.74
Chaux du phosphate restée en dissolution *	(8.60)	(8.71)	(7.50)	(7.78)	»	»	»
Carbonate de chaux (dosé par différence)	4.37	4.35	4.17	4.25	3.25	9.77	5.39
Sels alcalins	4.55	2.59	2.84	2.78	0.13		0.78
Sable	1.07	0.65	0.36	0.21	2.33	13.53	0.85
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	3.44	3.31	3.43	3.73	1.84	2.78	3.28
Égal à ammoniaque	4.17	4.02	4.16	4.52	2.24	3.37	3.98

* Dosée à l'état de carbonate.

Enfin, les rognures d'os durs provenant des fabriques de boutons, de manches à couteaux, etc., analysées sous le n° 7, servent également d'engrais. Elles contiennent moins de matière organique, mais plus de phosphate que les os verts ordinaires. Il y a lieu de se tenir en garde contre leur mélange avec les râpures d'ivoire végétal (*phytelephas*) qui n'a aucune action fertilisante ; avec des têts, des coquilles, des sabots, etc.

b. — *Poudre d'os.*

La poudre d'os, dont il est fait une grande consommation en Angleterre pour la culture des racines, et surtout pour les prairies, doit contenir, quand elle est pure, environ 48 p. 100 de phosphate de chaux, 4.5 p. 100 d'ammoniaque et pas de sulfate de chaux. Les analyses n°s 1, 2 et 3 (tableau CXXXIII) représentent la composition d'échantillons de cendre d'os pure. Le n° 1 a été spécialement pré-

paré à l'aide d'os durs finement pulvérisés pour les essais de solubilité du phosphate, et le n° 3 donne la composition moyenne de nombreux dosages et poudres commerciales[1].

TABLEAU CXXXIII. — Composition de la cendre d'os pure et frelatée.

	CENDRES PURES.			CENDRES FRELATÉES		
	Os durs en poudre fine. 1.	Os broyés fin. 2.	Os du commerce. 3.	avec os dissous. 4.	avec ivoire végétal. 5.	avec os épuisés. 6.
Eau	10.36	8.41	12.06	13.52	9.75	12.50
Matière organique[1]	30.92	28.89	29.12	22.03	44.60	14.81
Phosphate tribasique de chaux et de magnésie	52.41	53.21	49.54	»	»	»
Phosphate de chaux	»	»	»	41.49	37.31	55.69
Carbonate de chaux	5.16	8.70	6.99	2.42	7.84	»
Sels alcalins	0.84		1.91	3.47	»	15.09
Sulfate de chaux	»	»	»	13.75	»	
Matière siliceuse insoluble	0.28	0.79	0.38	3.32	0.50	1.91
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	3.51	3.61	3.69	2.71	2.41	1.23
Égal à ammoniaque	4.36	4.38	4.49	3.29	2.92	1.49

Nous y avons joint, sous les nos 4, 5 et 6, les analyses de poudres inférieures ou frelatées : le n° 4 avec des os dissous, le n° 5 avec de l'ivoire végétal et le n° 6 avec des os épuisés pour gélatine[2].

Malgré l'activité que déploie le commerce anglais pour se procurer des os, les importations tendent vers une diminution qui invite les vendeurs à mélanger avec la poudre d'os, c'est-à-dire avec les os verts dégraissés et réduits en poudre, ceux qui ont été traités par la vapeur, ou épuisés pour la fabrication de la colle forte, et à essayer d'autres mélanges plus ou moins licites. Les os dissous ou épuisés sont peut-être plus immédiatement actifs pour la végétation

1. *Solubility of phosphatic materials.* 1868. — *Results of experiments carried out at Rochester.* 1881. — *On the chemical composition of phosphatic materials.* 1861.

2. *Quarterly reports of the chemical committee for* 1870, *for* 1880, *and for* 1881.

et mieux appropriés aux prairies que la poudre d'os bruts, mais leurs effets ne sont pas d'aussi longue durée, et, sous ce rapport, leur valeur agricole est bien inférieure. Il en est de même de leur valeur vénale[1].

Quelques analyses empruntées aux essais de culture que Vœlcker a poursuivis sur les navets de Suède, avec divers engrais, compléteront avec celles des matières essayées pour leur degré de solubilité, les observations sur les poudres d'os réduites en farine. Elles sont réunies dans le tableau CXXXIV.

Les farines fines n°s 1 et 2 préparées avec des os purs, qui renferment plus de 4 p. 100 d'ammoniaque et 50 p. 100 de phosphate, sont des articles de bon aloi ; mais le n° 3, vendu comme farine pure, avec un grain grossier, n'est qu'un mélange à parties égales de farine d'os et de cendre d'os. Les farines n°s 4 et 5 proviennent d'os étuvés à la vapeur qui n'ont pas trop perdu d'azote ; le n° 4 a été essayé pour sa solubilité et le n° 5 dans la culture des navets à Rochester.

Os fermentés. — Le professeur Wöhler, de Göttingen, fut le premier à signaler que la poudre d'os, quand elle est légèrement humectée d'eau, devient beaucoup plus soluble et que la solubilité du phosphate augmente rapidement avec la putréfaction de la gélatine. Pusey recommandait de son côté, après avoir mouillé la poudre d'os, de la mettre en tas avec des cendres, du sable ou des matières poreuses, et de continuer à l'arroser d'eau, d'urine, etc., pour amener les os à l'état de fermentation. Les os fermentés, d'après une analyse de Vœlcker, ont la composition suivante[2], déjà donnée sous le n° 1 tableau CXXXII :

Eau	12.12
Matière organique[1]	28.71
Phosphate tribasique de chaux et de magnésie	49.28
Carbonate de chaux et sels alcalins	8.92
Sable	1.07
	100.00
1. Contenant azote	3.44
Égal à ammoniaque	4.17

1. *Annual report for* 1871. 1872.

2. *Solubility of phosphatic materials.* 1868.

TABLEAU CXXXIV. — Composition de diverses farines d'os.

	FARINES D'OS.			FARINES D'OS étuvés.		FARINES D'OS FERMENTÉS.				FARINE d'ivoire.
							BELGIQUE.			
	Fine.	Fine.	Mélangée.							
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Eau.	10.58	9.01	6.86	9.11	7.84	21.55	22.66	16.49	27.73	13.12
Matière organique[1].	30.61	30.29	13.14	21.25	21.94	18.52	10.12	11.40	8.81	26.12
Phosph. tribas. de chaux et de magnésie.	»	»	68.17	61.94	59.73	39.24	59.61	60.84	51.32	53.74
Phosphate de chaux	51.67	51.15	»	»	»	»	»	»	»	»
Carbonate de chaux	6.03	8.01	6.79	4.68	9.24	»	9.49	10.05	11.16	5.39
Sels alcalins	0.58		1.90	1.70		19.14				0.78
Sel marin	»	»	»	»	»		»	»	»	»
Matière siliceuse insoluble.	0.53	1.54	3.42	1.32	1.25	1.55	0.79	1.22	0.98	0.85
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote.	3.71	3.54	1.83	2.84	2.36	1.82	1.14	1.28	0.86	3.28
Égal à ammoniaque	4.50	4.29	2.22	3.45	2.86	2.21	1.38	1.55	1.04	3.98

La farine des os fermentés, dont la composition vient d'être donnée, a été analysée sous le n° 6 du tableau CXXXIV. Les échantillons de farines d'os n°s 7, 8 et 9 proviennent d'os fermentés, préparés en Belgique et formant, sans doute, les résidus de la fabrication de colle forte ou de glu. Ces os sont très friables, souvent humides, et dégagent une forte odeur ammoniacale. Bien que la teneur en ammoniaque des farines soit plus faible que celle des os dégraissés étuvés, elles constituent de bons engrais pour les cultures de racines et les prairies.

Ivoire. — La farine d'ivoire, analysée sous le n° 10, quand elle est exempte de sable, de craie ou d'autres mélanges, peut être utilisée comme la poudre d'os en agriculture. Elle sert surtout à dessécher et améliorer la teneur des superphosphates minéraux souvent humides, trop acides et pâteux. Traitée directement par 25 ou 30 p. 100 d'acide sulfurique du commerce dilué de son poids d'eau, elle fournit à l'usage du cultivateur un superphosphate sec, bientôt pulvérulent et d'une grande efficacité, qu'il peut préparer lui-même sans perte de temps.

c. — *Cendres d'os.*

C'est l'Amérique du Sud qui exporte en Angleterre la plus grande quantité des cendres d'os employées directement comme engrais ou comme matière de mélange avec les phosphates minéraux pour la fabrication des superphosphates.

La composition de la cendre d'os offre de grandes différences suivant les échantillons, non pas tant à cause des éléments mêmes des os incinérés qu'en raison des impuretés terreuses ou sableuses dont les cendres sont toujours plus ou moins accompagnées. Une cendre d'os de bonne qualité, dans le commerce, renferme 48 p. 100 de phosphate de chaux, 4.5 d'ammoniaque et à peine de sulfate de chaux.

Pour confirmer son assertion que, jusqu'alors (1861), les analyses commerciales des cendres d'os donnaient pour la plupart un titre trop élevé en phosphate de chaux, ce que la composition des os purs

1. *Report of the chemical committee.* 1870.

permettait de facilement contrôler, Vœlcker a préparé lui-même des cendres d'os verts, choisis parmi les plus propres à l'incinération, et les a analysées :

Composition de cendres d'os verts.

	CHEVAL.	BŒUF.
Acide phosphorique [1]	40.29	39.81
Chaux	55.01	55.43
Magnésie	0.84	0.80
Potasse	0.25	0.49
Soude	0.03	0.60
Acide carbonique	2.99	3.52
— sulfurique	Traces.	0.04
Chlore	Id.	0.06
	99.41	100.75
1. Correspondant à phosphate de chaux tribasique	87.29	86.25

Dans la cendre d'os, l'acide phosphorique est combiné avec la magnésie et avec la chaux, et l'acide carbonique est combiné avec la chaux. Le chlore et l'acide sulfurique, dont l'analyse révèle des traces, selon toute probabilité, sont présents à l'état de sulfate de soude et de chlorure de sodium ; de telle sorte que la composition s'établit comme il ressort du tableau CXXXV.

Ainsi, la cendre pure est bien plus riche en carbonate de chaux que la cendre du commerce, déduction faite du sable et des autres impuretés. De plus, elle ne renferme pas de silice, et c'est précisément la silice qui, en chassant l'acide carbonique du carbonate de chaux, cause la différence de teneur en carbonate entre les deux cendres.

Quand l'acide phosphorique s'est combiné avec la chaux et la magnésie et que l'acide carbonique s'est associé à la chaux, il reste une notable quantité de chaux que Vœlcker a été le premier à signaler et qui explique pourquoi il faut employer un excès d'alcide sulfurique pour produire une quantité déterminée de phosphate soluble avec la cendre d'os, c'est-à-dire pour saturer la chaux additionnelle

1. *On the chemical composition*, etc. 1861.

avant que le phosphate soluble se forme. Vœlcker affirme que la totalité de cette chaux additionnelle n'est pas présente dans la cendre à l'état de fluorure de calcium, comme le feraient supposer les recherches du professeur Heintz, de Berlin ; car, dans dans des essais directs au point de vue du fluor, il a pu constater que la quantité de fluorure de calcium présent dans les os est bien inférieure à celle fixée par Heintz (voir plus loin, VI, *Dosage de l'acide phosphorique des engrais*).

TABLEAU CXXXV. — Composition de la cendre d'os pure.

	CENDRES D'OS VERTS.			
	Cheval.		Bœuf.	
Phosphate de chaux tribasique : 3 CaO + PO^5				
Comprenant acide phosphorique	38.77	84.01	38.38	83.15
— Chaux	45.24		44.77	
Phosphate de magnésie : 2 MgO. PO^5				
Comprenant magnésie	0.84	2.35	0.80	2.23
— acide phosphorique	1.51		1.43	
Carbonate de chaux				
Comprenant chaux	3.80	6.79	4.48	8.00
— acide carbonique	2.69		3.52	
Chaux libre (non unie aux acides phosphorique et carbonique)	»	5.97	»	6.18
Potasse	»	0.25	»	0.49
Soude	»	0.03	»	0.51
Chlorure de sodium	»	traces	»	0.11
Sulfate de soude	»	id	»	0.07
		99.40		100.74

Dans les analyses de 6 échantillons de cendres d'os du commerce (tableau CXXXVI), l'acide phosphorique et la chaux ont été soigneusement dosés. Dans quelques-unes, Vœlcker a déterminé en outre la magnésie, le sable, l'acide carbonique, l'acide sulfurique, l'oxyde de fer et l'alumine ; mais au point de vue pratique, il considère que

les analyses nos 4 et 5, dans lesquelles l'acide phosphorique, la chaux et le sable sont dosés directement, l'eau et la matière organique sont déterminées ensemble et le reste des éléments, par différence, suffisent parfaitement pour les besoins de l'agriculture.

TABLEAU CXXXVI. — Analyses de cendres d'os du commerce.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Eau	4.83	9.91	15.34	3.29	10.30	6.31
Matière organique	4.06	1.75	2.03			3.38
Acide phosphorique[1]	35.38	33.89	32.52	38.12	29.56	34.95
Chaux[1]	41.27	39.53	37.84	44.47	34.48	41.35
Chaux non combinée avec l'acide phosphorique	3.53	4.07	1.92	4.45	1.02	»
Matière siliceuse insoluble (sable)	6.95	8.32	6.51	3.90	20.24	8.43
Magnésie	0.97	0.99	1.48		»	1.12
Acide carbonique	»	0.78	0.84			
— sulfurique	»	»	0.37	5.67	4.40	
Oxyde de fer et alumine	»	»	0.21			1.43
Alcalis	»	1.39	0.84			
Alcalis, acide carbonique et perte	3.01	»	»	»	»	»
	100.00	100.63	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Formant ensemble phosphate de chaux tribasique	76.65	73.42	70.46	82.59	64.01	75.72

d. — *Noir animal.*

Le noir animal, ou charbon d'os, qui sert à décolorer les sirops dans les fabriques de sucre et les raffineries, est une matière bien trop précieuse pour être directement utilisée dans le sol. C'est seulement après de nombreuses revivifications et quand la plus grande partie du charbon a été incinérée qu'il est vendu aux fabricants d'engrais. Sa composition, comme celle de tous les résidus, varie nécessairement beaucoup, surtout sous le rapport du carbonate de chaux qui déprécie la valeur de la matière pour engrais. Les analyses rapportées dans le tableau CXXXVII indiquent quelles différences on est exposé à constater dans les échantillons divers livrés à l'agriculture. Des nos 4, 6 et 7 qui renferment plus de 10 p. 100 de carbonates, le no 4 seulement, en raison de sa faible teneur en phos-

phate, a une valeur inférieure [1]. Le n° 8 a été livré par une raffinerie des environs de Bristol [2].

TABLEAU CXXXVII. — Composition du noir animal livré au commerce.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Eau et matière organique	30.20	9.52	30.15	27.98	17.38	12.63	12.54	18.02
Phosphates de chaux et magnésie.	60.75	82.48	55.01	49.69	68.53	68.41	70.16	64.66
Carbonates de chaux, magnésie, etc. *.	5.96	6.19	8.81	13.90	9.42	14.27	12.77	0.06
Silice et matière siliceuse insoluble.	3.03	1.81	6.03	8.43	4.67	4.69	4.53	17.26
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

* Dosés par différence.

c. — *Guanos phosphatés.*

Les guanos phosphatés où les fientes des oiseaux de mer ont été privés par l'eau de pluie de leurs sels solubles d'ammoniaque, etc., etc., ne renferment plus guère que des phosphates de chaux et de magnésie. Cependant, la plupart ont conservé encore plus ou moins de matière organique, qui fournit en moyenne de 1/3 à 1 p. 100 d'azote; plusieurs dosent même, tout à fait exceptionnellement, au delà de 4 p. 100 ; de telle sorte que la démarcation entre les guanos azotés et les guanos phosphatés n'est pas bien rigoureuse. Nous avons groupé dans les deux tableaux CXXXVIII et CXXXIX, qui se suivent, les analyses choisies parmi celles que Vœlcker a accumulées, des principaux guanos phosphatés importés en Angleterre, et nous résumons ci-après les observations dont il les a accompagnées [3].

Guano Mexillones : n°s 1 à 4. — Deux immenses gisements découverts non loin de la baie de Mexillones, sur la côte de Bolivie, l'un au pied du Marro et l'autre à la Tetas, à une altitude de 500 mètres au-dessus du niveau de l'Océan, ont assuré à ce guano un dé-

1. *On the chemical composition*, etc. 1861.
2. *On the agric. and comm. value of artif. manures.* 1855.
3. *On phosphatic guanos.* 1876.

TABLEAU CXXXVIII. — Composition de divers guanos phosphatés.

	MEXILLONES (BOLIVIE).				ILES FALKLAND.		PATAGONIE.			CALIFORNIE.	
										Ile Patos.	Ile Raza.
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Eau	8.76	7.45	6.61	7.09	33.43	35.86	21.46	6.59	19.55	14.35	
Matière organique et eau combinée[1]. Sels ammoniacaux[1].	6.49	7.34	6.28	7.14	21.42	26.07	11.71	10.23	11.08	10.24	12.31
Acide phosphorique[2]	34.40	30.72	32.52	33.97	»	»	»	»	»	»	38.35
Chaux	37.60	36.81	36.42	37.01	»	»	»	»	»	»	36.57
Magnésie	2.83	3.28	3.42	2.83	»	»	»	»	»	»	
Oxyde de fer	0.54	0.38	0.64	0.69	»	»	»	»	»	»	
Alumine	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
Acide carbonique[3]	0.45	0.75	1.37	2.76	»	»	»	»	»	»	8.71
Acide sulfurique	1.68	6.76	4.89	2.53	»	»	»	»	»	»	
Sels alcalins (chlorures).	5.76	5.28	5.62	2.87	6.22	7.34	6.07	9.05	9.39	4.63	
Potasse.	»	»	»	0.34	»	»	»	»	»	»	
Phosphates de chaux et de magnésie	»	»	»	»	32.01	22.01	27.61	23.44	16.58	53.48	»
Carbonate de chaux.	»	»	»	»	2.52	5.64	2.99	»	8.92	2.58	»
Matière siliceuse insoluble	1.49	1.23	2.23	2.47	4.37	3.08	30.13	50.69	24.48	11.72	4.03
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	0.98	0.89	0.79	0.93	4.31	4.42	1.83	0.90	1.20	0.96	»
Égal à ammoniaque.	1.19	1.08	0.96	1.12	5.23	5.37	2.22	1.09	1.44	1.16	»
2. Égal à phosphate tribasique de chaux	75.09	64.06	70.99	74.15	»	»	»	»	»	»	83.72
3. Égal à carbonate de chaux	1.02	1.70	3.11	6.25	»	»	»	»	»	»	»

TABLEAU CXXXVIII. — Composition de divers guanos phosphatés (*suite*).

	CALIFORNIE. ILES DU GOLFE.		ILES CURAÇAO.			ANTILLES. ILES BAKER.		ANTILLES. ILES HOWLAND.		KOORIA-MOORIA.			
	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.
Eau	4.83	1.30	8.05	11.49	10.29	12.05	4.71	15.31	8.95	9.63	5.91	4.12	6.21
Matière organique et eau combinée[1]	12.72	9.80	8.70	5.81	7.39	6.25	6.17	7.26	6.15	5.68	8.49	3.49	5.01
Sels ammoniacaux[1]	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Acide phosphorique[2]	34.33	40.31	30.96	33.44	29.55	32.32	39.44	33.35	34.80	»	»	»	»
Chaux	37.36	37.21	42.05	40.80	40.20	42.34	43.01	39.36	43.26	»	»	»	»
Magnésie	1.76					0.71	2.32			»	»	»	»
Oxyde de fer	0.50					0.14	0.96			»	»	»	»
Alumine	0.81					0.09				»	»	»	»
Acide carbonique[3]	0.46	7.18	3.79	1.86	3.74	2.99	0.27	4.56	6.54	»*	»*	»*	»*
Acide sulfurique	»					1.19	»			4.37	11.73	14.79	8.39
Sels alcalins (chlorures)	5.54		6.21	6.31	8.74	1.78	2.33			6.48	5.12	1.97	5.68
Potasse	»					»	»			»	»	»	»
Phosphates de chaux et de magnésie	»	»	»	»	»	»	»	»	»	53.93	46.39	55.21	61.20
Carbonate de chaux	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Matière siliceuse insoluble	1.69	4.20	0.21	0.29	0.09	0.14	0.79	0.16	0.30	19.91	22.33	20.42	13.51
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	1.04	0.37	»	»	»	»	0.34	»	»	0.33	0.30	0.21	0.28
Égal à ammoniaque	1.26	0.45	»	»	»	»	0.41	»	»	0.40	0.36	0.25	0.31
2. Égal à phosphate tribasique de chaux	74.94	88.01	67.59	73.01	61.51	70.55	86.11	72.80	75.97	53.93	46.39	55.21	61.20
3. Égal à carbonate de chaux	»	»	8.61	4.27	8.50	6.79	0.61	»	»	»	»	»	»

* Dosé comme sulfate de chaux.

TABLEAU CXXXIX. — Composition de divers guanos phosphatés (*Suite*).

	ANTILLES.						ILES DE L'OCÉAN PACIFIQUE SUD.		
	Ile Quito Serrano.	Ile Petrel.	Ile du Corail.	Ile Booby.	Ile Mac Keen.	Ile Jarvis.	Birds.	Shaw.	Flint.
	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	32.	33.
Eau	8.50	9.51	7.01	6.10	12.55	11.27	6.92	13.67	13.26
Matière organique et eau combinée [1]			11.76	10.18	9.59	9.93	4.80		
Sels ammoniacaux	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Acide phosphorique [2]	32.41	30.50	35.29	21.77	22.68	23.88	»	31.69	37.13
Chaux	39.41	36.41	41.76	45.36	36.24	37.18	»	43.26	45.13
Magnésie							»		
Oxyde de fer							»		
Alumine	17.10	18.05	3.55	16.50	18.15	17.65	»	7.53	5.99
Acide carbonique [3]	»	»	»	»	»	(5.02)	»	»	»
Acide sulfurique							»		
Sels alcalins (chlorures)							1.34		
Phosphates	»	»	»	»	»	»	80.41	»	»
Carbonate de chaux	»	»	»	»	»	»	6.38	»	»
Matière siliceuse insoluble	2.55	5.50	0.60	0.09	0.79	0.09	0.12	0.85	0.19
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	»	»	0.38	»	0.26	»	»	»	»
Égal à ammoniaque	»	»	0.46	»	0.32	»	»	»	»
2. Égal à phosphate de chaux tribasique	70.82	66.58	77.05	47.52	49.56	52.13	80.41	75.73	81.05
3. Égal à carbonate de chaux	»	»	»	»	»	11.41	6.38	»	»

TABLEAU CXXXIX. — Composition de divers guanos phosphatés (*fin*).

	ILES DE L'OCÉAN PACIFIQUE SUD.[1]							LACEPÈDE.		
	MALDEN.			ENDERBURY.		STARBURCK.				
	34.	35.	36.	37.	38.	39.	40.	41.	42.	43.
Eau	4.78	4.56	9.90	8.76	8.33	11.56				
Matière organique et eau combinée[1]	5.18	4.04	6.11	8.81	6.45	7.25	8.75	16.32	19.01	21.15
Sels ammoniacaux	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Acide phosphorique[2]	34.75	35.32	31.36	28.74	37.79	33.61	45.57	35.88	34.04	33.16
Chaux	45.22	46.99	42.33	40.76	41.96	41.04	40.94	42.22	40.71	40.29
Magnésie						1.16	0.64			
Oxyde de fer						»	»		(1.26)	
Alumine	8.97	9.00	10.16	12.84	5.41	»	»	4.23	4.49	4.39
Acide carbonique[3]	(3.65)	(2.85)	(4.69)	(7.26)	(1.46)	1.05	»			
Acide sulfurique						0.88	3.56			
Sels alcalins (chlorures)						3.43	0.47			
Phosphates	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Carbonate de chaux	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Matière siliceuse insoluble	0.10	0.09	0.11	0.09	0.06	0.02	0.07	1.35	1.75	1.01
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	»	»	»	0.38	»	0.39	»	»	0.63	»
Égal à ammoniaque	»	»	»	0.46	»	0.47	»	»	0.76	»
2. Égal à phosphate de chaux tribasique	75.86	77.10	68.46	62.74	82.49	73.67	99.48	78.33	71.31	72.39
3. Égal à carbonate de chaux	»	»	»	16.50	3.31	2.38	»	»	»	

bouché considérable en Angleterre. De couleur rouge d'ocre, d'une faible densité, en poudre fine et en morceaux très friables, le guano de Mexillones renferme une forte proportion de matière organique et quelques sels ammoniacaux, dosant ensemble 1 p. 100 d'ammoniaque environ, et 64 à 76 p. 100 de phosphate de chaux tribasique. L'acide sulfurique y est en grande partie combiné avec la chaux. La présence du phosphate bibasique de chaux ou de magnésie, qui est plus soluble que le phosphate tribasique, caractérise la solubilité de ce guano dont l'efficacité comme engrais est reconnue. Malgré cela, Vœlcker recommande de le traiter par l'acide sulfurique après l'avoir fait sécher, s'il est trop humide, ce qui est souvent le cas, et tamisé pour convertir le phosphate insoluble en phosphate soluble. On obtient ainsi facilement de 40 à 43 p. 100 de phosphate de chaux soluble.

Guano des îles Falkland : nos 5 et 6. — Ce guano renfermant beaucoup de carbonate d'ammoniaque volatil qui lui donne une odeur pénétrante, et dosant au delà de 5 p. 100 d'ammoniaque, est plutôt un guano azoté, mais il est parfois importé sous le nom de guano de Patagonie dont il diffère notablement. Il est généralement très humide et en mottes.

Guano de Patagonie : nos 7 à 9. — Le guano de la côte de Patagonie faisant face aux îles Falkland, est un phosphate médiocre et d'une teneur en ammoniaque qui varie entre 1.25 et 2.25 p. 100 ; il contient de plus une forte quantité de sable jusqu'à 50 p. 100 ; ce qui ne couvre pas les dépenses d'exploitation ni de fret.

Guanos de Californie : nos 10 à 13. — Parmi ces guanos, celui de l'île Patos, no 10, était, il y a dix ans déjà, en voie d'épuisement ; celui de l'île Raza, no 11, dont la composition est analogue à celle du no 13, représente ce que les Anglais désignent sous le nom de *crust* guano, ou guano croûte, c'est-à-dire formant la couche sur laquelle les dépôts phosphatés pulvérulents sont entassés. Ces guanos pierreux ou rocheux contiennent peu de sable et consistent en phosphates bibasiques qui titrent plus d'acide phosphorique que les phosphates tribasiques et les rendent plus précieux sous ce rapport pour la fabrication des superphosphates.

Comme le guano de Raza, les nos 12 et 13 venant d'autres îles du

golfe de Californie, sont riches en phosphate ; ils contiennent en outre de la matière organique qui titre jusqu'à 1 p. 100 d'azote.

Guano de Curaçao : n[os] 14 à 16. — L'île de Curaçao, possession hollandaise, en vue de la côte de Venezuela, fournit un guano brun-grisâtre, sans odeur, en poudre fine, recherché à cause du superphosphate léger, sec et concentré que l'on en tire. La composition est très variable suivant les gisements ; ainsi le phosphate y dose entre 64 et 73 p. 100, et le carbonate entre 4 et 9 p. 100 ; mais ce guano renferme à peine de matière siliceuse.

Guanos des Antilles : n[os] 17 à 26. — L'*île de Baker,* dans la mer des Caraïbes, est formée de coraux sur lesquels les oiseaux de mer, qui sont les seuls habitants, déposent leurs fientes en masses énormes. Malheureusement, les pluies diluviennes périodiques lavent ce guano récent qui est, à la surface, brun, pulvérulent, plein de fibres de racines ; et dans les couches inférieures, en grumeaux de dimensions et de dureté variables. Immédiatement sur le corail qui forme le récif, la matière, presque cristalline, contient de 20 à 25 p. 100 de sulfate de chaux. Les analyses indiquent une composition moyenne (n° 17), et une composition de guano supérieur, légèrement azoté (n° 18).

L'île de Howland, n[os] 19 et 20, est un autre récif de corail servant de refuge aux oiseaux de mer ; le guano, sous les rapports physique et chimique, rappelle celui de Baker.

Le guano Kooria Mooria, dont l'analyse est donnée par Vœlcker pour quatre échantillons (n[os] 21 à 24), a été souvent employé directement comme engrais pour les navets ; mais il est préférable de le convertir en superphosphate par l'acide sulfurique (un tiers en poids environ d'acide), et, à cet effet, il est recherché par les fabricants. Quoi qu'il renferme peu de matière organique, le phosphate qui s'y trouve à l'état finement divisé, y est plus assimilable que dans les phosphates minéraux [1].

Les guanos n[os] 25 à 29, provenant des îles Quito Serrano, Petrel, Corail, Booby et Mac Keen, importés assez irrégulièrement en Angleterre, offrent une composition variable, sans grand intérêt.

---

1. *Chemical composition,* etc., *of phosphatic materials,* etc., 1861.

L'*île Jarvis* n° 30, entourée comme celles de Baker et de Howland de récifs de corail presque inabordables, offre un guano que déprécient sa faible teneur en phosphate et surtout l'abondance du carbonate de chaux.

Guanos des îles du Pacifique Sud : nos 31 à 43. — L'île de corail du nom de *Bird* fournit deux variétés de guanos : l'une en poudre jaune, et l'autre en morceaux poreux, friables, formant croûte. L'analyse n° 31 se rapporte au guano moyen.

Des îles *Shaw* et *Flint,* appartenant au même groupe de récifs coralliens, on expédie occasionnellement des guanos très phosphatés dont les analyses figurent sous les nos 32 et 33.

Le guano de l'île corallifère *Malden* est de couleur brun clair, en poudre fine, et doit son origine aux excréments des oiseaux qui y séjournent. Le vaste dépôt qui couvre l'île est fructueusement exploité ; malheureusement sa valeur est souvent réduite par les fragments de coraux qui augmentent la teneur en carbonate de chaux, comme l'indiquent les analyses nos 34 à 36.

Dans l'île d'*Enderbury*, sise au sud de Malden, et de même formation corallifère, le guano coloré en brun clair, jaunâtre et inodore, se récolte en poudre et en croûtes brunes plus phosphatées que la poudre. L'analyse n° 37 se réfère au guano pulvérulent, mélangé de fragments de corail qui élèvent sa teneur en carbonate, et le n° 38 au guano en masses pierreuses très riches, en phosphate de chaux.

L'île *Starbuck,* dans la même situation géographique que la précédente, par rapport à l'île Malden, fournit également deux espèces de guanos ; l'une en poudre, analysée sous le n° 39, qui renferme un peu d'azote sous forme de matière organique, et l'autre en croûte, analysée sous le n° 40, qui tient, étant données les proportions respectives d'acide phosphorique et de chaux, non pas 99.48 de phosphate tribasique, mais du phosphate bibasique bien plus soluble, auquel ce guano doit sa qualité recherchée par les fabricants de superphosphates.

L'île *Lacépède* fournit un guano légèrement coloré en brun qui, fortement chauffé, laisse une cendre absolument blanche. La coloration brune est due à la matière organique, qui titre un peu plus d'un demi pour 100 d'azote. Comme teneur en phosphate et comme

aspect physique, ce guano rappelle celui de l'île Malden[1] ; la composition en est donnée sous les nos 41 à 43.

f. — *Guanos en roche.*

Le tableau suivant CXL renferme les analyses d'une série de phosphates dits guanos, à l'état de roche minérale, dépourvus la plupart de matière organique et qui servent exclusivement à la fabrication des superphosphates.

Guano Maracaïbo. — Parmi eux, le plus singulier est peut-être celui de Maracaïbo ou de l'île du Moine, importé en Angleterre sous le nom de guano de Colombie ou de phosphate américain (no 11). Il se présente en grosses masses, renfermant souvent des quartzites, coloré en brun foncé ou en gris blanchâtre, à surface émaillée, dont le contenu intérieurement est poreux et coloré en brun clair. Ces sortes de géodes se réduisent difficilement en poudre grisâtre. Par l'incinération dans une capsule de platine, la poudre devient parfaitement blanche, ayant perdu sa matière colorante due à la matière organique.

Dissous dans l'acide chlorhydrique, ce guano donne par précipitation avec l'ammoniaque 76.71 p. 100 de phosphate tribasique de chaux et de magnésie ; mais la liqueur filtrée, privée de chaux, renferme encore 4.90 p. 100 d'acide phosphorique. Le phosphate de Maracaïbo a donc une constitution différente de celle du phosphate tribasique ordinaire. Le calcul démontre qu'il est formé d'un mélange de pyrophosphate et de phosphate tribasique. Comme il est exempt de carbonate de chaux, il exige beaucoup moins d'acide sulfurique pour être dissous ; ce qui le fait rechercher par les fabriques de superphosphate.

Guano Sombrero. — (Analyses 2 à 7.) — L'île de Sombrero, appartenant à l'archipel des Antilles, a été exploitée, non pas comme dépôt de guano, mais comme roche phosphatée, renfermant, il est vrai, quelques ossements blancs, dépourvus de matière organique, qui lui donnent le caractère d'une brèche assifère. La roche a une

---

1. *Annual report of the consulting chemist for* 1877 ; 1878.

TABLEAU CXL. — Composition de guanos phosphatés en roche.

	MARACAÏBO. Guano.	ILE SOMBRERO (Guano croûte) [Antilles].						ILE NAVASSA (Antilles).						ILE ARUBA. (Antilles).		ILE Pedro Keys. (Antilles).
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
Humidité	2.39	9.06	7.51	10.0[illegible]	»	7.03	7.63	5.91	8.50					5.55	5.54	9.34
Eau combinée	7.93	4.38	6.19	4.90	8.11	1.61	1.49	5.46	4.15	12.08	10.90	13.99	12.55	»	»	»
Matière organique [1]					»	»	»									
Acide phosphorique [2]	41.31	31.41	35.09	31.11	32.82	32.45	31.70	31.18	28.47	31.15	31.08	30.04	31.90	31.11	28.[illegible]5	29.09
Chaux	39.48	36.17	38.19	38.42	45.33	46.11	45.92	37.70	34.07	38.58	36.51	35.99	36.09	41.[illegible]9	30.18	36.01
Magnésie	1.17	0.36	0.44	0.41				»	0.45	»				»	»	
Oxyde de fer	»	2.82	3.22	2.85				4.18	4.19	3.98				14.72	9.26	
Alumine	»	6.89	4.26	4.23	7.14	4.29	4.87	9.11	9.48							
Alcalis	»	1.86	1.87	1.61				»	»	9.30	17.78	17.01	16.91	»	17.22	19.69
Fluor	»							1.16	1.81					»		
Acide sulfurique	4.57	0.66	0.44	0.36										»	»	
Acide carbonique [3]	»	1.55	1.36	1.68	5.58	7.33	7.30	2.38	2.30	2.29				6.69	0.98	
Chlore	»	Non det.	0.39	0.31	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Silice	2.28	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Matière siliceuse insoluble		1.81	1.01	1.03	0.99	1.15	1.09	2.92	6.28	2.62	3.70	2.91	2.55	0.21	7.87	5.27
	99.16	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	0.139	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Égal à ammoniaque	0.169	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
2. Correspondant à phosphate de chaux tribasique	»	74.55	76.02	73.90	71.65	70.81	69.20	68.07	62.15	68.01	67.85	65.58	69.61	67.91	63.20	64.81
3. Correspondant à carbonate de chaux	»	»	»	»	12.68	16.64	16.59	5.41	5.22	5.20	»	»	»	15.20	2.23	»

couleur et une texture variables. Tantôt elle est poreuse et friable, tantôt très dense et résistante. Sa couleur est jaune verdâtre ou violacée et même bleuâtre.

Employée à l'état pulvérulent comme engrais en Amérique, la roche de Sombrero est traitée en Angleterre par les acides. Les analyses 2, 3 et 4, qui se réfèrent au phosphate de Sombrero importé avant 1860, indiquent la présence en faible quantité du carbonate de chaux, mais l'alumine et l'oxyde de fer y sont représentés à forte dose.

Les analyses 5, 6 et 7 ont été exécutées sur des échantillons de guano importé en 1875. Depuis 1871, l'exploitation s'opère au-dessous du niveau de la mer, et comme l'île est entourée de récifs, l'extraction et le chargement dans les navires ancrés au large, ne laissent pas que d'offrir de sérieuses difficultés. A l'encontre des remarques auxquelles donnent lieu les analyses des premiers chargements, ceux plus récents indiquent une faible teneur en oxyde de fer et alumine, tandis que celle du carbonate de chaux a augmenté, sans doute, à cause de la proximité de la roche madréporique. La teneur en phosphate de chaux, bien que considérable, s'est également abaissée.

Les îles Anguilta, qui font aussi partie des îles sous le Vent, dans la mer des Caraïbes, offrent une roche phosphatée analogue à celle de l'île Sombrero.

Phosphate de Navassa. — L'île de Navassa, une autre Antille, située entre Haïti et la Jamaïque, entourée de récifs et de bancs de corail, renferme le conglomérat phosphaté d'un brun rougeâtre foncé, dans les cavités de la roche madréporique. Les grains de phosphate sont cimentés en mélange avec de l'oxyde de fer, de l'alumine, du carbonate de chaux et de la silice. Comme l'indiquent les analyses 8 à 13, il n'y a pas assez de chaux pour former avec l'acide phosphorique et l'acide carbonique présents, les quantités dosées de carbonate et de phosphate tribasique. Il s'ensuit qu'une partie de l'acide phosphorique est combiné avec l'oxyde de fer et l'alumine, qui abaissent la valeur du superphosphate. En effet, l'acide que l'on emploie pour dissoudre des phosphates tels que ceux de Navassa, attaque d'abord le phosphate de chaux pour le convertir en phos-

phate acide soluble et en sulfate ; mais à la longue, le phosphate de chaux acide réagit sur l'oxyde de fer et l'alumine et redevient en partie insoluble en réduisant le titre du superphosphate.

Phosphate d'Aruba. — L'île d'Aruba, qui fait partie du groupe des îles sous le Vent dans la mer des Caraïbes, offre un phosphate pierreux, coloré en brun clair ou jaunâtre, strié en brun foncé, d'un aspect singulier et caractéristique. Des deux analyses 14 et 15, celle n° 15 révèle une forte dose d'oxyde de fer et d'alumine, correspondant à une teneur plus faible en phosphate de chaux ; mais, d'après la moyenne des analyses que Vœlcker a faites du phosphate d'Aruba, il établit une analogie de composition entre ce phosphate et celui de Sombrero.

Phosphate de Pedro Keys. — Ce phosphate, provenant d'une île qui appartient également à l'archipel des Caraïbes, est de qualité inférieure, d'après l'analyse n° 16 qui en a été faite sur un chargement récemment importé en Angleterre.

g. — *Phosphates minéraux.*

Les phosphates à l'état minéral abondent dans certaines formations où ils apparaissent sous forme de veines cristallines et d'amas rocheux, quand ils ne constituent pas des couches plus ou moins puissantes d'une exploitation possible. Les apatites de Norvège et du Canada, les phosphoriques d'Espagne, les phosphates du Nassau, de la vallée du Lot, en France, de plusieurs îles de l'archipel des Antilles, et les schistes du terrain diluvien dans le pays de Galles, offrent des variétés de phosphate en cristaux et en roches, dont l'agriculture, grâce à l'industrie des superphosphates, a su tirer un grand parti pour la fabrication des engrais spéciaux.

Apatite. — L'apatite est un minéral très dur, souvent cristallisé en forme de prisme hexagonal, composé d'acide phosphorique et de chaux, que l'on rencontre dans les roches cristallines, éruptives, mais rarement dans les gîtes métallifères. On a trouvé de magnifiques cristaux d'apatite dans le Devonshire, le Cornouailles et l'Écosse, mais en trop petite quantité pour que l'on ait pu l'extraire régulièrement. En Amérique, on l'a signalé dans le granite à Baltimore, à

Newhaven (Connecticut), à Topham (Maine); dans le gneiss à German-Town et dans les schistes micacés du Groënland.

On trouve l'apatite également en Tyrol, en Suisse, en Bohême, en Saxe, en Bavière, en Suède et en Norvège. Elle forme dans ces contrées de petites veines encaissées dans les roches métamorphiques ou volcaniques, mais si irrégulières qu'on n'a jamais pu exploiter.

L'apatite n'existe pas seulement à l'état cristallin, elle est aussi à l'état feuilleté, conchoïde. Sa couleur varie du vert clair au rouge brique.

Le gisement de Krageroë, en Norvège, a été activement exploité pendant quelques années ; il n'a cessé de l'être que par suite de son épuisement dans les parties accessibles.

L'apatite de Norvège en morceaux, qu'elle soit rouge (analyses 1 et 2, tableau CXLI) ou verte (analyses 3 et 4), contient une forte proportion de phosphate de chaux, peu d'impuretés et point de carbonate de chaux. C'est à ce titre un phosphate des plus précieux. Elle ne renferme d'ailleurs pas de fluor, et le chlorure de calcium, qui varie entre 2.16 et 6.41 p. 100, indique que la composition diffère dans les mêmes blocs d'apatite.

L'analyse n° 5 se réfère à un échantillon pulvérisé, qui contenait de la matière siliceuse et de l'oxyde de fer avec alumine provenant du quartz, de l'hornblende soumis au broyage avec l'apatite.

Phosphorite. — La phosphorite ou chaux phosphatée terreuse est une variété d'apatite lithoïde. Elle est connue en Espagne depuis les recherches du professeur Daubeny en 1840 et en 1842. Il avait constaté avec le capitaine Widdrington l'existence d'un gisement des plus remarquables à Logrozan, près Truxillo, dans l'Estramadure. La couche y a jusqu'à 4 mètres d'épaisseur et s'étend sur plusieurs kilomètres. La phosphorite y est associée à de l'apatite feuilletée et à du quartz. Les bancs alternent avec ceux de calcaire et de quartz. Sa structure est fibreuse, sa couleur d'un jaune clair; elle est très dure, mais pas autant que l'apatite de Norvège. Réduite en poudre fine et jetée sur une lame de fer portée au rouge, elle dégage les lueurs phosphorescentes très vives, d'où son nom de phosphorite.

Cette matière est si abondante qu'elle a été employée dans le pays comme pierre à bâtir. Faute de voies de communication avec la mer,

TABLEAU CXLI. — Composition de phosphates minéraux (en roche et cristallins).

	APATITE DE NORVÈGE.					PHOSPHORITE D'ESPAGNE.				
	ROUGE.		VERTE.		En poudre.	ESTRAMADURE.			CACERES.	
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Humidité	0.43	0.43	0.19	0.298	0.24	3.59	0.68	1.42	0.21	0.21
Eau combinée	0.40	0.40	0.23	0.198	0.66					
Acide phosphorique[1]	41 88	41.74	41.25	42.28	35.69	33.38	36.36	33.55	38.35	31.89
Chaux	53.45	51.12	50.62	53.35	45.10	47.16	42.68	41.47	51.65	46.55
Magnésie	»	0.20	»	»	0.71	traces.				
Acide carbonique[2]	»	»	»	»	»	4.10				
Oxyde de fer	»	»	0.29	0.92	1.29	2.59	8.81	5.19	2.61	2.81
Alumine	»	»	0.38		1.53	0.89				
Fluor	»	»	»	»	»	4.01				
Potasse	»	0.30	0 01	»	0.36	»	»	»	»	»
Soude	»		0.13	»	»	»	»	»	»	»
Chlorure de calcium	1.61	1.61	6.41	2.16	2.53	»	»	»	»	»
Acide sulfurique	»	»	»	»	0.29	0.57	»	»	»	»
Phosphate de fer et d'alumine	0.66	0.45	»	»	»	»	»	»	»	»
Matière siliceuse insoluble	1.24	0.97	0.82	0.99	11.62	3.71	11.47	18.37	6.68	15.41
	99.67	100.22	100.36	100.196	100.07	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Égal à phosphate de chaux tribasique	90.74	90.41	89.37	91.60	77.33	72.87	78.79	72.69	81.33	76.17
2. Égal à carbonate de chaux	»	»	»	»	»	9.31	»	»	»	»

TABLEAU CXLI. — Composition de phosphates minéraux (en roche et cristallins) [*Suite*].

	PHOSPHORITE D'ESPAGNE.							APATITE DU CANADA.		
	MONTANCHEZ.		CHARGEMENTS EN 1875.							
	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
Humidité / Eau combinée	0.16	0.18	0.58	1.10	1.14	0.47	0.99	0.62	0.10	1.09
Acide phosphorique[1]	39.09	39.46	34.47	33.26	29.35	25.74	18.71	33.51	41.54	30.81
Chaux	51.77	52.66	45.73	48.20	42.65	34.06	33.14	46.11	51.74	42.72
Magnésie								»	»	»
Acide carbonique[2]								»	»	»
Oxyde de fer	3.02	4.95	4.08	9.21	9.35	2.52	18.02			
Alumine								7.83	3.03	13.32
Fluor										
Potasse	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Soude	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Chlorure de calcium	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Acide sulfurique	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Phosphate de fer et d'alumine	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Matière siliceuse insoluble	5.96	2.75	15.14	8.23	17.41	37.21	29.14	11.90	0.59	12.03
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Égal à phosphate de chaux tribasique	85.33	86.14	75.25	72.60	64.38	56.19	40.84	73.15	90.68	67.32
2. Égal à carbonate de chaux	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

elle a été importée très irrégulièrement et en petites quantités en Angleterre. Les premiers chargements, bien qu'offerts sur le marché et acquis à des prix élevés, ont fait perdre les expéditeurs.

Dans l'analyse complète nº 6, Vœlcker a donné la composition de la phosphorite d'Espagne de récente importation[1]. Les analyses 7 et 8 se rapportent aux phosphorites d'Estramadure expédiées jadis, avant que le chemin de fer de Madrid à Lisbonne ne fût ouvert à l'exploitation[2]. Bien que la teneur en phosphate de chaux des phosphorites n'égale pas celle des apatites de Norvège, elles constituent pour la fabrication du superphosphate un minéral d'une valeur réelle, surtout à cause de l'absence du carbonate de chaux et d'oxyde de fer.

Depuis que les voies de communication avec la mer et les routes d'accès aux mines se sont construites, l'exploitation des phosphates de Logrosan aux environs de Caceras et de Montanchez, a pris un grand développement ; et de Lisbonne s'expédient aujourd'hui en Angleterre des chargements réguliers provenant des mines de l'Estramadure et du Portugal.

Tandis que la phosphorite de Logrosan est colorée en jaune clair, et offre une structure cristalline fibreuse, pénétrée de veinules de quartz, celle de Ganras est presque blanche et plus friable. Du reste, les roches extraites sur divers points varient autant comme couleur et comme dureté, que sous le rapport de la teneur en phosphate. Elles renferment plus ou moins de fluorure de calcium, jusqu'à 12 et 14 p. 100.

Les analyses (9 et 10) des phosphates de Caceres et (11 et 12) des phosphates de Montanchez indiquent l'absence d'oxyde de fer et d'alumine, et la présence en très faible quantité de carbonate de chaux.

Bien que certaines phosphorites d'Espagne, analysées par Vœlcker, aient dosé jusqu'à 89 p. 100 de phosphate de chaux, la moyenne des chargements reçus en Angleterre dans ces dernières années est beaucoup moins élevée, comme il résulte des cinq essais (nos 13 à 17) effectués en 1875.

1. *On the chemical composition of phosphatic minerals* ; 1875.

2. *Chemical composition, etc., of phosphatic manures* ; 1861.

Les meilleures qualités de phosphorite provenant d'Espagne ou de Portugal, donnent des superphosphates concentrés, à peine colorés, qui sont recherchés par les fabricants parce qu'en l'absence d'oxyde de fer et d'alumine, ils renferment peu de phosphate rétrogradé ; c'est-à-dire qu'en les conservant, le phosphate rendu soluble, demeure soluble.

Apatite du Canada. — Le phosphate du Canada constitue une variété d'apatite en masses plus ou moins confusément cristallisées, ou en cristaux de coloration légèrement verdâtre. On le rencontre au Canada à Nort Umsley dans les fissures des roches granitiques, associé au gneiss et au schiste micacé. On l'exporte en morceaux pesant de 1/2 à 2 kilogrammes, qui renferment parfois des cristaux prismatiques, verdâtres, et d'aspect vitreux, parfaitement réguliers. A l'état de pureté, le minéral est un composé défini de phosphate de chaux et de fluorure de calcium ; à l'état commercial, le minerai coloré en vert ou en rouge, avec ses paillettes de mica, renferme en moyenne de 70 à 72 p. 100 de phosphate de chaux.

Sous les n°s 18, 19 et 20 (tableau CXLI) figurent les analyses de l'apatite du Canada. Elle ne contient généralement pas de carbonate de chaux et peu d'oxyde de fer et d'alumine ; mais beaucoup de fluor, et quand on la traite par l'acide sulfurique, les vapeurs délétères d'acide fluorhydrique se dégagent en abondance.

Le phosphate du Canada est très dur et se réduit difficilement en poudre. Les frais de transport jusqu'en Angleterre empêchent que l'exportation se développe suffisamment, et que ce précieux minerai remplace l'apatite de Norvège.

Phosphate de Nassau. — C'est en 1864 que V. Meyer, de Limburg, fit la découverte de riches gisements de phosphate aux environs de Staffel, dans la vallée de la Lahn. Immédiatement, grâce à l'esprit entreprenant des industriels de la contrée, des mines furent ouvertes et exploitées notamment sur la rive gauche de la Lahn, en aval de Weilbach, à Wetzlar, Weilburg, Limburg, Dehren, Staffel, Medingen, etc.

Le phosphate se rencontre tantôt accumulé dans des poches, là où la roche siliceuse (*Schalstein*), le calcaire, la dolomite et le grès vert, sont disloqués. Il y est noyé dans de l'argile ferrugineuse, et

forme des masses compactes à cassure terreuse, de couleur gris clair ou jaune, ou bien un conglomérat mélangé de grès vert, de manganèse et de minerai de fer, reliés par de l'argile rouge ou brune. Tantôt on le trouve, mais plus rarement, en couches à fracture schisteuse, et plus rarement encore, en masses cristallines.

La structure du phosphate en masses irrégulières et de coloration truitée est cellulaire et poreuse. Les variétés les plus riches, blanches ou jaunes, offrent une structure botryoïde, et sont parfois recouvertes d'incrustations translucides légèrement verdâtres.

Les phosphates riches, analysés sous les nos 1 et 2 du tableau CXLII, sont à proprement parler des échantillons de choix prélevés à Staffel et représentant les mamelons verdâtres, translucides, et la phosphorite botryoïde, désignée sous le nom minéralogique de Staffelite. La composition des phosphates riches du Nassau, provenant de chargements expédiés en Angleterre, est donnée par les analyses suivantes, nos 3, 4, 5 et 6. On reconnaîtra que ces phosphates contiennent beaucoup d'oxyde de fer et peu de carbonate de chaux. Bien que le no 1, renfermant plus de 7 p. 100 d'oxyde de fer, fut coloré en rouge brun foncé, il s'est montré le plus riche en phosphate de chaux. La coloration, surtout pour les phosphates généralement blancs ou jaunâtres de la vallée de la Lahn, ne peut donc pas servir de guide pour apprécier leur richesse. Les analyses nos 7, 8 et 9 se rapportent à des phosphates d'importation courante jusqu'en 1875.

Malheureusement les gisements riches s'épuisant rapidement, il n'a plus été possible depuis 1875, malgré le triage et le lavage des minerais sur place, de continuer à importer avec profit en Angleterre, des phosphates du Nassau titrant au delà de 65 p. 100 de phosphate de chaux.

Phosphate du Lot. — La vallée du Lot qui traverse les formations supérieure et moyenne jurassiques et le lias, renferme des dépôts considérables de phosphate minéral dont l'exploitation a donné lieu à des envois importants en Angleterre.

Comme dans la vallée de la Lahn, le phosphate du Lot se trouve en poches plus ou moins considérables et présente toutes les variétés de structure, d'aspect et de composition. Tantôt il est parfaitement

TABLEAU CXLII. — Composition de phosphates minéraux (en roche).

	NASSAU (VALLÉE DE LA LAHN).									FRANCE (VALLÉE DU LOT).							
	PHOSPHATE RICHE.		PHOSPHATES MÉLANGÉS.							PHOSPHATE RICHE.		SUPÉRIEUR.		MOYEN.		INFÉRIEUR.	
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.
Humidité	0.65	0.98	1.78	2.74	2.91	2.32	2.40	1.39	3.86	2.28	3.28	3.07	4.23	7.22	6.70	5.64	6.92
Eau combinée										2.52	1.21	0.50					
Acide phosphorique [1]	40.50	36.19	35.73	30.91	30.24	33.49	32.05	26.67	26.02	35.51	33.72	35.30	33.34	31.68	29.02	26.45	24.46
Chaux	56.29	49.41	44.22	43.81	41.58	45.52	44.44	38.27	37.62	47.81	41.23	46.14	48.14	36.20	37.12	38.39	31.65
Magnésie		»	0.42	»	»	»	»	»	»	0.12	»						
Oxyde de fer	1.21	0.96	7.88	6.66	8.86	3.97		3.41	5.06	2.80	2.66						
Alumine		3.07	5.34	8.45	3.90		13.91	8.65	10.32		6.42	12.40	10.61	19.19	15.08	19.83	23.86
Fluor	0.97	2.88				9.49				0.89	1.74						
Acide carbonique [2]	»	1.87	1.65	2.18	1.89			»	»	5.06	3.26						
Acide sulfurique	»	»	»	»	»	»	»	»	»	0.64	»	»	»	»	»	»	»
Silice	0.32	4.61	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Matière siliceuse insoluble	»	»	3.48	5.25	10.62	5.21	7.17	21.61	17.12	2.37	3.45	2.59	3.68	5.71	12.08	9.69	10.11
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Égal à phosph. de chaux tribas.	88.54	79.01	77.99	67.48	66.01	73.11	69.96	58.22	56.80	77.52	73.61	77.06	73.78	69.16	63.95	57.71	53.10
2. Égal à carbonate de chaux.	»	4.25	3.75	4.95	4.22	»	»	»	»	11.50	7.40	»	»	»	»	»	»

blanc, semi-dur et offre une cassure terreuse ; tantôt il est gris, opalescent, cireux et offre une cassure conchoïde. La variété la plus commune est jaune ou brune, résistante, mais facilement décomposée par l'acide sulfurique et appropriée à la fabrication de superphosphates d'un titre élevé.

Au début, les superphosphates du Lot exportés en Angleterre dosaient entre 71 et 74 p. 100 de phosphate de chaux ; mais peu à peu cette teneur s'est abaissée comme pour les phosphates du Nassau jusqu'à rester inférieure à 60 p. 100, ce qui ne permet plus de rentrer dans les frais d'importation.

Les analyses complètes (nos 10 et 11, tableau CXLII) représentent la composition de deux phosphates riches du Lot, reçus en 1872. Bien que l'échantillon no 10 renferme un peu d'oxyde de fer et d'alumine et environ 4 p. 100 de carbonate de chaux en plus que le no 11, il est plus riche en phosphate de chaux et de qualité supérieure au no 11.

Vœlcker a publié en outre de nombreuses analyses de phosphates du Lot classés suivant la qualité : supérieure, moyenne et inférieure. Le tableau CXLII reproduit deux analyses de chacune de ces catégories (nos 12 à 17). On remarquera que le rapport entre la chaux et l'oxyde de fer joint à l'alumine varie beaucoup plus que la teneur pour 100 en acide phosphorique. Les minerais de qualité moyenne et inférieure, contiennent beaucoup de phosphate de fer et d'alumine en même temps que des hydroxydes, ce qui les déprécie comme matière de fabrication du superphosphate.

Phosphate Saint-Martin. — L'île Saint-Martin, une des îles sous le Vent, située dans l'archipel des Antilles, offre un phosphate en roche d'une composition très variable, à cause surtout de la difficulté que les exploitants éprouvent à séparer le minerai de la roche madréporique sur laquelle il est déposé. Les analyses complètes 1 et 2 (tableau CXLIII) indiquent la composition de deux échantillons qui titrent : l'un, 51.70 de phosphate et 32.27 de carbonate de chaux ; l'autre, 76.69 p. 100 de phosphate et seulement 14.98 de carbonate de chaux. Les autres analyses 3 à 6 font voir que, suivant la teneur en carbonate, le phosphate de Saint-Martin acquiert une valeur commerciale élevée, ou à peu près nulle.

TABLEAU CXLIII. — Composition de phosphates minéraux (chaux, alumine, pyrite)[1].

	ILE SAINT-MARTIN (Antilles).						ILE REDONDA (Antilles).		
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	7bis.	8.
Humidité / Eau combinée	5.04	3.56	5.50	4.01	2.26	5.69	15.63	15.06	23.23
Acide phosphorique[1]	24.14	35.13	36.94	35.22	28.38	16.67	20.66	23.91	36.95
Chaux	47.69	50.41	48.87	50.15	52.52	40.88	traces	traces	»
Magnésie	0.38	0.22					»	»	»
Oxyde de fer	1.51	1.40	4.78	4.59	3.60	11.97	25.98	22.84	36.38
Alumine	2.99	1.37							
Fluor	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Acide carbonique[2]	14.20	6.59	2.89	5.79	13.04	20.60	»	»	»
Sulfure de fer	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Acide sulfurique	0.18	0.45	»	»	»	»	»	»	»
Matière siliceuse insoluble	3.87	0.87	1.02	0.24	0.20	4.19	37.73	38.19	3.44
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Correspond. à phosph. de chaux tribas.	52.70	76.69	80.64	76.88	61.95	26.39	45.10	52.19	80.66
2. Correspondant à carbonate de chaux	32.27	14.98	6.57	13.15	29.63	46.81	»	»	»

TABLEAU CXLIII. — Composition de phosphates minéraux (chaux, alumine, pyrite) [*Suite*].

	ILE REDONDA (Antilles).		ILE ALTA VELA (Antilles).			PAYS DE GALLES. SILURIEN DE CWMGYNEN.			PAYS DE GALLES.
	8bis.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
Humidité	21.15	27.70	10.64	18.51	4.19	»	»	»	»
Eau combinée			5.85		12.99	3.98	6.25	3.67	4.89
Acide phosphorique[1]	37.04	19.40	20.45	20.07	10.86	29.67	23.31	26.88	18.67
Chaux	»	»	11.29	»	»	37.16	28.19	35.36	26.37
Magnésie	»	»	»	»	»	0.14	5.22	0.26	26.06
Oxyde de fer	32.26	25.65	5.76	7.38	2.79	1.07	0.58	1.89	
Alumine			13.48	21.20	21.98	5.84	1.21	5.38	
Fluor	»	»	»	»	»				
Acide carbonique[2]	»	»	4.01	»	»	»	12.01	»	
Sulfure de fer	»	»	»	»	»	»	2.79	3.62	
Acide sulfurique	»	»	»	»	»	»	0.16	»	
Matière siliceuse insoluble	9.55	27.25	28.52	32.84	27.19	22.14	20.28	22.94	24.01
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Correspond. à phosph. de chaux tribas.	80.86	42.35	41.64	43.81	67.37	64.77	51.02	58.68	40.75
2. Correspondant à carbonate de chaux	»	»	9.11	»	»	»	»	»	»

Phosphate de Redonda. — Le minerai extrait de l'île de Redonda consiste surtout en phosphate d'alumine, mélangé avec plus ou moins d'oxyde de fer et de matière siliceuse. La chaux faisant défaut, il ne peut être utilisé dans la fabrication ordinaire des superphosphates, mais on l'emploie dans les fabriques d'alun où il laisse comme sous-produit de l'acide phosphorique impur que l'on mélange avec les engrais azotés. Le phosphate d'alumine de Redonda dissous par l'acide sulfurique sert également, en mélange avec la chaux, pour l'épuration des eaux d'égout (brevet Forber et Price). Le précipité constitue un engrais d'une certaine valeur pour l'agriculture.

Les analyses 7 et 7 *bis* se rapportent à des minerais pulvérisés et essayés pour la culture des navets de Suède à Woburn, en 1880 et 1881 ; celles sous les n°s 8 et 8 *bis* se rapportent à des échantillons riches en phosphate, et l'analyse n° 9 à un minerai pauvre.

Phosphate d'Alta Vela. — L'île d'Alta Vela, près de Saint-Domingue, présente comme celle de Redonda un gisement de phosphate d'alumine, mais d'une composition plus variable. La roche est plus dure et de couleur plus claire. Les analyses 10 et 11 indiquent que le phosphate d'alumine est accompagné de phosphate de chaux et de matière siliceuse en forte proportion. L'échantillon analysé sous le n° 12 est le plus riche en phosphate.

Phosphate silurien (*Pays de Galles*). — A Cwmgynen, aux environs d'Oswestry, dans le pays de Galles Nord, un gisement de phosphate à l'état de calcaire et de schiste noir, a été reconnu dans la direction E.-O., et mis en exploitation par galeries. La couche de schiste offre une épaisseur de 45 centimètres, celle du calcaire phosphatique de 2^m,50 ; elles sont séparées par une veine de spath et d'argile blanche renfermant des pyrites de fer et de cuivre.

La teneur du schiste en acide phosphorique varie considérablement. L'analyse n° 13 se rapportant à un échantillon prélevé dans la galerie inférieure de la mine, montre que le fer et le carbonate de chaux y sont en faible quantité ; mais les échantillons (analyses 14 et 15) renferment 2.75 et 3.50 p. 100 de pyrite de fer ; et l'échantillon n° 14 tient une forte proportion du carbonate de chaux et de magnésie. L'échantillon n° 15, pour une si faible teneur en phosphate

de chaux, ne trouverait pas, à cause du fer et de l'alumine, un placement chez les fabricants de superphosphate.

Malgré l'étendue des gisements qui ont été reconnus dans la formation silurienne du Pays de Galles, il ne semble pas, en raison de la difficulté de séparer le bon du mauvais minerai, que l'exploitation du phosphate imprégné d'oxyde de fer, d'alumine et de carbonate de chaux puisse donner lieu à des opérations fructueuses.

b. — *Phosphates fossiles et coprolithes.*

La description des couches ossifères trouvées en 1846 près de Bristol, renfermant des quantités considérables de rognons de phosphates de chaux dans les assises situées à la base du lias ; la découverte d'amas de nodules mêlés à des restes d'animaux dans les couches tertiaires du crag, sur la côte du Suffolk ; puis, dans les formations plus anciennes, notamment dans le grès vert, aux environs de Cambridge, dans le gault à Parnham (Surrey), etc., ont conduit à l'exploitation, aussi bien en Angleterre qu'en France et aux États-Unis, de masses considérables de nodules phosphatés, ayant conservé le nom de coprolithes, qui depuis des années approvisionnent les fabriques d'engrais, ou s'appliquent directement sur le sol après avoir été réduits en poudre.

Coprolithes de Cambridge. — Tous les coprolithes fournis par la craie inférieure sont connus commercialement sous le nom de coprolithes de Cambridge. Qu'ils proviennent réellement de ce comté ou d'autres localités ; que leur aspect extérieur varie, leur composition reste à peu près la même. Amorphes, terreux, avec des colorations jaunes, noires, mais surtout verdâtres, suivant les terrains qui les enveloppent, les rognons ont une forme très irrégulière, tantôt renflés ou étranglés, tantôt lisses ou rugueux. Leurs dimensions varient entre 0m,05 et 0m,10 en longueur, et 0m,02 à 0m,05 de diamètre. Ils sont de la grosseur d'une noix à celle d'un gros œuf. Ils sont durs ; leur structure est identique à celle de l'argile fortement desséchée ; leur cassure a l'aspect pierreux, conchoïde et laisse entrevoir des parties concentriques.

On trouve dans la masse agglutinée qui les entoure, des coraux,

des ammonites, des crustacés, des éponges, etc. ; des os et vertèbres d'animaux fossiles. Les collections des propriétaires d'exploitations à Cambridge, ne manquent pas d'intérêt à ce point de vue.

Par le fait, les coprolithes de Cambridge ressemblent à ceux que l'on a découverts en France ; peut-être, à en juger par l'apparence, sont-ils plus purs et plus riches en phosphate.

La composition des coprolithes de Cambridge réduits en poudre grise varie peu ; il y a plus ou moins de carbonate de chaux et de silice, et, par conséquent, plus ou moins de phosphates de chaux et de magnésie.

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.	N° 6.
	—	—	—	—	—	—
Eau et traces de matières organiques.	3.11	4.02	3.49	4.45	4.01	3.41
Phosphates.	62.32	61.04	59.67	61.06	61.40	61.96
Carbonate de chaux, magnésie; alcalis et fluor .	28.42	27.67	30.65	28.39	28.37	29.36
Matière insoluble, silice. .	6.15	7.27	6.19	6.10	6.22	5.24
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Les coprolithes contenant beaucoup de fluorure de calcium, lorsque l'on dose les phosphates par la voie ordinaire, en les précipitant par l'ammoniaque dans la dissolution acide, on augmente la proportion de phosphate de chaux de 3 à 4 p. 100. A moins de déterminer l'acide phosphorique directement et de calculer d'après cette détermination la quantité de phosphate, on s'expose à doser trop haut. C'est ainsi que dans l'analyse complète de l'échantillon n° 5, les phosphates n'étaient en réalité que de 57.15, au lieu de 61.40 indiqué plus haut comme résultant de la simple précipitation.

	ÉCHANTILLON n° 5.
	—
Eau et matière organique.	4.01
Chaux.	45.39
Magnésie	0.48
Oxyde de fer.	1.87
Alumine.	2.57
Acide phosphorique [1].	26.75
— carbonique [2].	5.13
— sulfurique	1.06
Chlorure de sodium	Traces.
Potasse.	0.84
Soude	0.73
Silice.	6.22
Fluor et perte	4.95
	100.00
1. Égal à phosphate de chaux tribasique	57.12
2. Égal à carbonate de chaux	11.66

TABLEAU CXLIV. — Composition de coprolithes et phosphates fossiles.

	COMTÉ DE CAMBRIDGE.						COMTÉ DE SUFFOLK.				BEDFORD.		CAROLINE DU SUD (Charleston). TERRE FERME.		
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
Humidité					2.30	1.19					3.35	1.12	5.38	2.78	7.40
Eau combinée	4.63	4.01	3.52	3.79	1.50	1.99	5.76	2.53	4.11	4.74		3.49	1.79		
Matière organique											»		»	»	»
Acide phosphorique [1]	25.29	26.75	27.01	29.11	26.05	25.80	28.32	21.21	61.15	41.20	23.47	32.96	21.66	21.15	26.50
Chaux	43.21	45.39	46.60	45.05	43.68	41.17	40.70	38.20			36.29	47.75	37.18	35.78	37.20
Magnésie	1.12	0.48	1.06	»	»	»	0.31	1.34					0.76	0.57	
Oxyde de fer	2.46	1.87	2.08	19.68	18.70	19.42	4.87	4.81			5.39		4.15	3.99	
Alumine	1.36	2.57	1.41				»	3.72					4.90	3.20	
Fluor et perte	4.96	4.95	6.79	»	»	»	3.02	4.31			7.24		2.05	3.50	
Sels alcalins	0.09	Traces.	Traces.	»	»	»	»	»	22.39	20.92	»	10.49	»	2.15	16.27
Potasse	0.32	0.84	»	»	»	»	0.78	0.56			»		»	»	
Soude	0.50	0.73	»	»	»	»	0.25	1.18			»		»	»	
Acide carbonique [2]	6.66	5.13	5.49	»	»	»	5.08	5.37			3.45		4.08	2.91	
Acide sulfurique	0.76	1.06	Non det.	»	»	»	0.87	1.40	»	»	»	»	Non det.	1.84	
Matière siliceuse insoluble	8.64	6.22	6.04	2.34	7.77	10.13	10.01	12.27	12.35	30.14	20.81	4.19	15.05	19.13	12.63
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Correspondant à phosph. de chaux tribasique	51.49	57.12	58.52	63.69	56.87	56.32	61.30	52.52	61.15	44.20	51.21	71.95	53.83	52.72	57.85
2. Correspondant à carbonate de chaux	15.13	11.66	12.47	»	»	»	11.64	12.20	»	»	7.81	»	9.27	6.61	»

TABLEAU CXLIV. — Composition de coprolithes et phosphates fossiles. (*Suite.*)

	CAROLINE DU SUD (CHARLESTON).							RUSSIE.	FRANCE.						
	TERRE FERME		RIVIÈRE.			ILE WILLIMAN			BOULOGNE-SUR-MER.					RHONE (Bellegarde).	
	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.
Humidité	2.29	10.30	4.07	1.56	2.57	4.32	3.13	3.55	0.79	1.18	1.74	3.92	3.09	2.79	2.95
Eau combinée									3.24	1.91	1.04				
Matière organique	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Acide phosphorique [1]	24.29	22.06	28.44	26.89	27.11	21.63	24.85	22.42	21.27	20.70	17.69	20.48	22.57	25.10	27.76
Chaux	38.71	37.24	45.07	42.28	42.79	37.13	37.01	33.84	35.38	30.41	31.12	31.38	33.92	40.11	41.88
Magnésie									0.25	0.83	0.56			»	»
Oxyde de fer									3.63	6.24	3.52				
Alumine									3.66	5.39	4.94			11.38	10.56
Fluor et perte									2.08	3.24	4.96				
Sels alcalins	17.28	15.45	15.16	18.47	17.54	15.33	17.76	9.91	»	»	»	18.17	14.88	»	»
Potasse									»	»	»			»	»
Soude									»	»	»			»	»
Acide carbonique [2]									5.25	3.91	5.13			»	7.10
Acide sulfurique								»	0.89	»	0.85			»	»
Matière siliceuse insoluble	17.43	14.95	7.26	10.80	9.99	18.29	17.25	30.25	23.56	26.16	28.45	26.05	25.51	17.62	9.75
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Correspondant à phosph. de chaux tribasique.	53.02	48.16	62.09	58.70	59.18	53.77	54.25	48.91	46.43	45.19	38.61	44.71	49.27	54.79	60.60
2. Correspondant à carbonate de chaux	»	»	»	»	»	»	»	»	11.93	8.95	11.66	»	»	»	16.14

Les analyses 1, 2 et 3 du tableau CXLIV représentent la composition moyenne, détaillée, des coprolithes du Cambridgeshire, telle que Vœlcker l'a déterminée et publiée dans son premier mémoire [1]. Les analyses suivantes 4, 5 et 6 se rapportent à des chargements plus récents (1875); les gisements continuant à fournir à cette époque des masses considérables de coprolithes aux fabricants de superphosphate [2]. Nous joignons, dans le tableau ci-après CXLV, la composition des coprolithes de même provenance, réduits en poudre fine, ayant servi aux essais de culture des navets de Suède à Woburn en 1880 et 1881, par Vœlcker ; à Leighton Buzzard, par R. Vallentine, et à Rochester, par le club des fermiers [3].

TABLEAU CXLV. — Composition des coprolithes en poudre du Cambridgeshire.

	ESSAIS de Woburn. 1880.	ESSAIS de Woburn. 1881.	ESSAIS à Leighton 1880.	ESSAIS à Rochester 1880.
Eau et matière organique.	5.51	4.93	4.42	4.84
Acide phosphorique [1]	25.70	26.28	26.18	25.01
Chaux	44.18	44.55	44.54	43.03
Oxyde de fer, alumine, magnésie, fluor, acide carbonique, etc	16.52	17.42	16.81	18.11
Matière siliceuse insoluble	8.09	6.82	8.05	9.01
	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Égal à phosphate de chaux tribasique. . .	56.11	57.37	57.15	54.58

Coprolithes de Suffolk. — Les coprolithes de Suffolk ou pseudo-coprolithes du crag, se distinguent des précédents par leur couleur brune ferrugineuse, leur poli, leur excessive dureté. Leur poussière est d'un jaune rougeâtre.

1. *On the chemical composition*, etc., *of phosphatic manures*, etc., 1861.

2. *On the chemical composition of phosphatic minerals*, etc., 1875.

3. *Field experiments on Swedish turnips at Woburn during* 1880 *and* 1881 : *Experiments on the growth of Swedes by R. Vallentine*, 1880 : *Results of experiments carried out on Manor farm, near Rochester. — Journ. roy. agric. Soc. of England*, 1881 et 1882.

La composition de cinq échantillons analysés est la suivante :

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.
Eau et traces de matières organiques	4.61	3.80	4.11	6.28	4.74
Phosphates	56.52	60.21	61.15	60 99	44.20
Carbonates de chaux, magnésie et fluor	25.95	21.77	22.39	21.74	20.92
Silice insoluble	12.92	14.22	12.35	10.99	30.14
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

L'échantillon n° 5 qui contient 30 p. 100 de matière insoluble, représente des coprolithes de mauvaise qualité. Pour être de bonne qualité, ils ne devraient en contenir que 10 à 14 p. 100.

Comme les coprolithes du Suffolk renferment, indépendamment du fluorure de calcium, beaucoup d'oxyde de fer et d'alumine qui se précipitent en même temps que les phosphates, il importe de déterminer l'acide phosphorique directement.

La composition moyenne des coprolithes de bonne qualité, suivant Vœlcker, serait celle qu'indiquent les analyses complètes 7 et 8 du tableau CXLIV ; le n° 7 correspond à la meilleure qualité de nodules du Suffolk, et le n° 8, à la qualité courante.

De même que les coprolithes du comté de Cambridge, ceux de Suffolk exigent de puissants engins pour être réduits en poudre fine. L'acide sulfurique, et bien moins encore la végétation, ont un effet sur les coprolithes, même grossièrement moulus. Aussi est-il essentiel de les pulvériser aussi fin que possible et de les faire digérer à cet état avec assez d'acide pour que le carbonate de chaux soit entièrement saturé, et que les phosphates insolubles soient rendus solubles. Le superphosphate ainsi obtenu est tout aussi bon que celui fabriqué avec les os.

Coprolithes de Bedford. — Des gisements de nodules phosphatés sont encore exploités dans les comtés de Norfolk, de Bedford et de Buckingham, et utilisés pour la fabrication des superphosphates. Les nodules du Bedforshire sont de couleur brune, contiennent beaucoup d'oxyde de fer et ont une composition analogue à celle des coprolithes de Suffolk. L'analyse n° 11 indique cette composition (tableau CLXIV).

Un bois fossile trouvé dans une des exploitations du Bedforshire a été également analysé sous le no 12. Bien que la structure ligneuse fût entièrement conservée, la matière organique avait été remplacée principalement par du phosphate de chaux. Cet échantillon curieux, dosant 72 p. 100 de phosphate, contenait peu de matière siliceuse, d'oxyde de fer et d'alumine.

Phosphate de la Caroline. — Ce phosphate, à l'état de nodules, se trouve dans un gisement faisant partie du bassin de Charleston, qui émerge sur les bords des rivières Ashley, Cooper, Stono, Edisto, Caosaw et Combahu et de leurs tributaires, et s'étend, selon toute probabilité, le long de la côte à l'ouest, jusqu'à une distance indéterminée.

Suivant le Dr Pratt, la couche dont l'épaisseur varie entre 45 et 50 centimètres et atteint parfois de 60 à 90 centimètres, est formée d'argile bleue plastique et de sable dans lesquels les nodules de forme irrégulière sont enterrés. Parfois le minerai phosphaté est en masses ou conglomérats peu consistants, entremêlés de restes d'animaux fossiles d'une variété extraordinaire. La surface du gisement exploitable a été évaluée entre 60 et 80 kilomètres carrés ; mais par suite de l'irrégularité de la formation, les nodules ne se rencontrant guère à 400 mètres des cours d'eau et des marais, et n'apparaissant que çà et là le long des rives, il est difficile d'arriver à une évaluation exacte.

Les nodules généralement rugueux, de forme irrégulière, de couleur jaune clair ou brune, ont une structure caverneuse et peu consistante. Ils portent l'empreinte des coquilles et sont mêlés à des dents et ossements de poissons.

Les phosphates de Charleston sont divisés en deux catégories : phosphates de terre (*land phosphate*) et phosphates de rivière (*river phosphate*). Les premiers, plus mous et de couleur plus claire, sont exploités à bras et lavés pour les débarrasser du sable et surtout de l'argile adhérente. L'opération du lavage pour les nodules extraits de l'argile est difficile et dispendieuse.

Les analyses 13 et 14 (tableau CXLIV) donnent la composition de deux échantillons de phosphates de terre, qui renferment moins de carbonate de chaux, mais plus d'oxyde de fer, d'alumine et de ma-

tières siliceuses que les nodules du comté de Cambridge en Angleterre. Réduits facilement en poudre, les phosphates de terre, traités par l'acide sulfurique, donnent un superphosphate de bonne qualité. Les analyses 15, 16 et 17, faites sur divers chargements de phosphates de terre, indiquent que la composition est variable suivant le soin apporté au lavage des nodules, et que la teneur moyenne de 52 à 55 p. 100 de phosphate de chaux peut s'abaisser jusqu'à 48 p. 100.

Les phosphates de rivière sont d'un gris foncé, presque noir, et beaucoup plus durs que ceux de terre. Ils renferment un peu de pyrite et valent les nodules du Cambridgeshire pour la fabrication du superphosphate ; leur teneur en phosphate étant plus élevée que celle des nodules de terre. L'exploitation des phosphates de rivière se fait principalement à l'aide de dragues à vapeur, munies d'appareils pour laver les nodules au fur et à mesure de leur extraction.

Tandis que les phosphates de terre s'exploitent comme toutes autres mines particulières par des entrepreneurs ou par les propriétaires mêmes des terrains, ceux de rivière font l'objet de concessions accordées par le gouvernement moyennant paiement d'un droit fixe d'extraction et d'une redevance par tonne de phosphate enlevé[1].

La composition des phosphates de rivière résulte des analyses 18, 19 et 20 ; Vœlcker y a joint celle des phosphates moins riches de l'île Williman, située près de la côte de la Caroline, où la formation se continue (analyses 21 et 22).

La plus grande partie des phosphates de la Caroline, expédiés en Angleterre, est chargée comme lest sur les navires qui portent le coton ; ce qui abaisse d'autant le frêt et permet aux fabricants anglais de s'approvisionner régulièrement dans de bonnes conditions[2].

Coprolithes de Russie. — Le gouvernement de Koursk possède un gisement des plus étendus de nodules phosphatés qui ressem-

---

1. *The phosphatic rocks of south Carolina*, etc., *by Francis Holmes ;* Charleston, 1870.

2. *Report by the Charleston Chamber of commerce on the trade and commerce of the city*, 1865-1872.

blent à ceux du Bedforshire par leurs caractères extérieurs. La seule analyse que Vœlcker ait faite des nodules russes est reproduite sous le n° 23, tableau CXLIV. L'échantillon ne renfermait que 49 p. 100 de phosphate et près d'un tiers en poids de matière siliceuse insoluble. De couleur brun foncé, il accusait la présence d'oxyde de fer et de fluorure de calcium en grande quantité, mais d'une faible quantité de carbonate de chaux.

Coprolithes de France. — La plupart des nodules expédiés en Angleterre sous le nom de coprolithes français, proviennent des environs de Boulogne-sur-Mer. Ils ont une couleur foncée, verte ou noire et des dimensions qui excèdent souvent celles des coprolithes du comté de Cambridge. La teneur pour 100 en phosphate de chaux varie entre 45 et 46 p. 100, et s'abaisse jusqu'à 40 p. 100 quand les nodules n'ont pas été bien lavés et séchés.

Les analyses 24 à 28, tableau CXLIV, représentent la composition moyenne de divers changements de nodules de Boulogne importés en 1874 ; ils contiennent environ un quart en poids de matière siliceuse insoluble, et beaucoup d'oxyde de fer, d'alumine et de fluorure. Plus pauvre en phosphate que les nodules de Cambridge, ils se rapprochent par leur composition des nodules extraits dans les comtés de Narfolk et de Bedford.

Aux environs de Bellegarde, dans la vallée du Rhône, près de la frontière suisse, on extrait des phosphates fossiles beaucoup plus riches, dont les analyses sont données pour deux échantillons, sous les nos 29 et 30. Le n° 29 était accompagné de nombreuses variétés de térébratules, de bélemnites, d'ammonites et d'oursins plus ou moins intacts. Moins foncés en couleur que ceux de Cambridge et plus tendres pour la pulvérisation, les nodules de Bellegarde représentent un phosphate de bonne qualité renfermant peu de carbonate de chaux.

Les gisements des Ardennes offrent également des coprolithes de qualité supérieure, mais les frais de transport jusque dans les ports anglais sont trop élevés pour permettre une exportation fructueuse. C'est à peine si les envois des nodules de Boulogne, extraits sur la côte, laissent un bénéfice aux expéditeurs.

IV. — Engrais industriels.

Il n'y a pas bien longtemps encore que le fumier de ferme passait pour le seul engrais propre à entretenir la fertilité du sol, appauvri par une suite de récoltes. Grâce au progrès remarquable qui s'est accompli depuis 1860, c'est-à-dire depuis la diffusion des principes scientifiques établis par Dumas, Boussingault, Liebig, Lawes et Gilbert, etc., dans notre connaissance des effets chimiques et physiologiques que les éléments organiques et minéraux du sol et les agents fertilisants peuvent produire sur les plantes cultivées, les agriculteurs ont appris à tirer un excellent parti des engrais naturels et artificiels dont la consommation annuelle n'a pas cessé d'augmenter. Non seulement ces engrais ont été substitués au fumier, dans des cas et pour des cultures déterminés, mais l'expérience a démontré qu'ils l'étaient avec profit. Aussi est-il permis de dire que l'état d'avancement de l'agriculture, dans certaines contrées, notamment en Angleterre, correspond à l'introduction, chaque jour plus considérable, des engrais auxiliaires dans la pratique ordinaire du cultivateur.

La fabrication des engrais se fait actuellement sur la plus vaste échelle et constitue dans les pays à culture intensive une branche des plus importantes de la chimie industrielle.

Il y a aujourd'hui en Angleterre plus d'une douzaine de fabriques d'engrais, produisant de 45,000 à 50,000 tonnes, et un bien plus grand nombre de fabriques plus restreintes, livrant sur le marché de 1,000 à 20,000 tonnes par an de fertilisants applicables à toutes les récoltes ou à des récoltes spéciales.

On peut se faire une idée de l'extension qu'ont prise la fabrication et le commerce des engrais artificiels en Angleterre, d'après le chiffre des importations des matières premières de toutes les parties du monde, phosphates, os, guanos minéraux, déchets, etc., qui excède 500,000 tonnes annuellement[1].

La variété des engrais chimiques ou composés, mis à la disposition de l'agriculture, est extraordinaire. S'il y en a qui se distinguent par

1. *The influence of chemical discoveries on the progress of English agriculture*; 1878.

leurs propriétés fertilisantes incontestables, il y en a d'autres peu efficaces : il y a même des engrais qui ne valent pas les frais de transport à quelques kilomètres de distance du lieu de fabrication. Il en résulte que les principes qui doivent guider cette fabrication ne sont pas toujours bien compris, et que l'agriculteur est exposé, s'il n'a pas recours à l'analyse pour s'éclairer sur les éléments contenus dans les engrais, à de pénibles déceptions.

Dans un article spécial consacré aux engrais artificiels, c'est-à-dire aux fertilisants préparés industriellement, Vœlcker rappelle dans l'ordre de leur valeur commerciale les éléments de fertilité qui constituent ces engrais, à savoir [1] :

1. Azote (à l'état d'ammoniaque, d'acide azotique et de matières organiques azotées) ;
2. Acide phosphorique (à l'état de phosphate tribasique et de phosphates solubles);
3. Potasse (à l'état de carbonate et de silicate de potasse) ;
4. Soude (sel marin) ;
5. Chaux et magnésie (carbonate et sulfate) ;
6. Silice soluble ;
7. Matières organiques, humus;
8. Acide sulfurique (sulfate de chaux);
9. Chlore (sel marin);
10. Oxyde de fer, alumine, silice (argile et sable).

1. *Azote.* — L'azote peut être incorporé dans l'engrais sous forme de sels ammoniacaux, de nitrates ou de matières organiques azotées.

Le sulfate d'ammoniaque est le sel ammoniacal le moins coûteux et le nitrate de soude du Chili, le nitrate à meilleur prix; aussi, à moins de disposer en quantités suffisantes de matières azotées telles que rognures de corne, poudre d'os, chiffons de laine, sang, résidus de colle forte, suie, etc., les fabricants recourent-ils à ces deux sels pour enrichir les engrais sous le rapport de l'azote.

A l'état de sulfate ou de nitrate, l'azote exerce une puissante action fertilisante, surtout quand il est appliqué pendant la première pé-

1. *Manure artificial : Ure's dictionary of arts, manufactures and mines, edited, by R. Hunt.* 5e édition, 1863.

riode du développement des plantes. Plus tard, il est moins efficace et parfois même superflu. C'est pour ce motif que les engrais azotés, les guanos, la suie, etc., doivent être employés en automne ou au printemps, dès que les premières pousses ont fait leur apparition.

Les sels ammoniacaux, le nitrate de soude, les matières organiques azotées, comme il a été déjà observé, agissent surtout sur les parties foliacées des plantes. L'herbe des prairies, le froment, l'avoine et les autres céréales, cultivées dans un sol bien pourvu de substances minérales, se ressentent tout particulièrement des engrais ammoniacaux ; aussi doit-on les employer avec précaution pour les céréales, et toujours à moins forte dose dans les terres légères; autrement, on obtient beaucoup de paille et peu de grain, de qualité inférieure.

En général, les sels ammoniacaux et les nitrates ne doivent pas s'employer à l'état concentré ; et, à moins que le sol ne renferme en abondance les matières minérales essentielles, il convient de les mélanger avec des phosphates, du sel marin, du plâtre, etc.

2. *Acide phosphorique.* — L'acide phosphorique qui se trouve dans le grain des céréales, des légumineuses, dans les racines, le trèfle, l'herbe des prés, etc., est faiblement représenté, même dans les sols de bonne qualité; et comme les récoltes, dans la plupart des cas, enlèvent au sol plus d'acide phosphorique que des autres éléments minéraux, on ne tarde pas à constater sa disparition à l'état assimilable, surtout pour les récoltes à croissance rapide, les turneps, les mangolds, etc., qui végètent seulement pendant quatre à cinq mois, et ne poussent pas leurs racines fibreuses profondément en terre. Aussi, l'acide phosphorique doit-il être fourni abondamment et autant que possible à l'état facilement assimilable, aux racines qui occupent une place si importante dans l'assolement.

Dans les engrais artificiels, l'acide phosphorique est introduit à l'état de poudre d'os, d'os bouillis, de rognures d'os, ou bien à l'état de superphosphate de chaux, résultant du traitement par les acides de phosphates minéraux et de matières osseuses qui ont été décrits précédemment.

Le phosphate des os est insoluble dans l'eau, mais en présence de l'acide carbonique ou de l'ammoniaque, il devient plus soluble. Par

la fermentation, la poudre d'os, mise en tas, devient un engrais efficace et une bonne matière de mélange dans les engrais artificiels.

Tous les engrais industriels doivent renfermer, suivant les récoltes auxquelles on les destine, de 25 à 40 p. 100 de phosphate, surtout ceux préparés en vue des turneps et des racines, pour lesquels la teneur en ammoniaque, au delà de 1 à 1.5 p. 100, est indifférente. Il est loin d'en être ainsi, comme l'indiqueront les analyses des engrais du commerce, reproduites ci-après.

3. *Potasse.* — Les sels de potasse sont de précieux fertilisants, car la potasse entre dans la composition des cendres de toutes les récoltes. Aussi, les racines qui exigent beaucoup de potasse tirent-elles un excellent profit des cendres de bois, de l'argile brûlée, de l'engrais liquide, qui en renferment en quantité notable. En dehors des sources de potasse fournies par les mines de Stassfurth et les salins du littoral, il est difficile et coûteux de s'assurer de grands approvisionnements de potasse pour mélange dans les engrais artificiels.

Heureusement la potasse se trouve en abondance dans la plupart des sols renfermant de l'argile; et son insuffisance dans les engrais commerciaux ne se fait pas aussi vivement sentir que celle des phosphates.

4. *Soude.* — Les sels de soude sont moins efficaces que ceux de potasse, et il y a peu de terres qui n'en renferment suffisamment pour couvrir les besoins des récoltes. Toutefois, le sel marin est très employé dans la fabrication des engrais, comme matière de mélange, afin d'abaisser le prix des engrais spéciaux concentrés, trop coûteux à cet état pour les cultivateurs. Il est employé utilement en Angleterre pour la culture du mangold.

5. *Chaux et magnésie.* — Toutes les plantes exigent de la chaux et de la magnésie en plus ou moins forte dose; mais, comme la marne, les sables coquilliers, le plâtre, la chaux peuvent s'obtenir presque partout à bas prix, et s'appliquer directement aux terres où la chaux et la magnésie font défaut, il n'y a pas lieu d'en introduire dans les engrais, si ce n'est comme matières de mélange.

6. *Silice soluble.* — L'emploi du silicate de soude ou de la silice soluble, à défaut d'expériences démontrant leur utilité pour les récoltes, n'est pas à recommander pour la fabrication des engrais.

7. *Matières organiques ; humus.* — Les matières organiques non azotées offrent un intérêt médiocre comme fertilisants. Sous un bon régime de culture, la matière organique, dans le sol, s'accumule d'année en année; aussi est-il superflu de l'ajouter dans l'engrais pour augmenter son volume.

Tout au plus des matières telles que la tourbe, la sciure de bois, etc., sont-elles utilisables pour rendre les mélanges plus intimes ou pour absorber l'humidité de l'engrais fabriqué.

8. *Acide sulfurique.* — Cet acide est fourni dans l'engrais principalement à l'état de sulfate de chaux ou plâtre, qui a peu de valeur comme engrais.

9. *Chlore.* — Le sel marin incorporé dans l'engrais apporte non seulement la soude, mais le chlore.

10. *Oxyde de fer, alumine, silice.* — Ces éléments se trouvent dans l'engrais sous forme d'argile brûlée, de terre, de brique en poudre et de sable. Un bon engrais, cela va sans dire, doit en renfermer aussi peu que possible.

D'après ces remarques, l'azote et l'acide phosphorique formant les éléments les plus précieux de l'engrais artificiel, le fabricant devra se préoccuper :

1° De produire des engrais secs;

2° D'incorporer le plus possible de matières organiques azotées ou de sels ammoniacaux, de nitrates et de phosphates, dans le mélange, au prix où il se vend sur le marché ;

3° D'éviter l'introduction de plâtre, de sel, de terreau, de craie et autres matières qui augmentent le volume en atténuant le pouvoir fertilisant de l'engrais;

4° D'obtenir des produits homogènes, en poudre assez fine pour pouvoir se débiter par les semoirs.

Enfin, il incombe aux fabricants de rendre plus actifs les déchets qui, sans cela, demeurent inertes pendant des années dans le sol, tant qu'ils n'ont pas subi la fermentation, et de réduire à l'état assimilable, par le traitement des matières telles que les coprolithes, les phosphates en roche, etc., qui agissent lentement, même à l'état de poussière fine, lorsqu'elles n'ont pas été chimiquement rendues solubles.

Les engrais industriels peuvent se diviser en deux catégories : la première, des *engrais azotés*, servant aux récoltes de froment, d'orge, d'avoine, de seigle, et en bonne terre, aux herbes de prairie; la seconde, des *engrais phosphatés*, utilisés surtout pour les racines.

Longtemps les engrais azotés ont été fabriqués avec du guano comme fournissant l'ammoniaque à meilleur compte; on y mélangeait du sel, du terreau, du plâtre, etc.; mais aujourd'hui la plupart des engrais de première qualité pour les céréales sont obtenus en mélangeant de la poudre d'os, fine ou dissoute par les acides, ou du phosphate d'os acidifiés avec du sulfate d'ammoniaque, du sel et du plâtre.

Les engrais phosphatés consistent surtout en os dissous ou en coprolithes et autres phosphates minéraux traités par les acides. Plus un engrais à racines renferme de phosphate soluble, et plus il convient à la récolte. Les phosphates acidifiés renferment peu ou point d'ammoniaque et de matières organiques azotées. Quant aux nitro-phosphates ammoniacaux, ce sont des phosphates acides additionnés d'ammoniaque ou de matières azotées.

De toutes manières, le superphosphate, c'est ainsi qu'on désigne improprement le produit résultant de l'action des acides sur les os et sur les minerais phosphatés en général, forme la base principale des engrais phosphatés et azotés que l'industrie livre à l'agriculture.

Solubilité des phosphates. — Les circonstances qui influent sur la solubilité dans l'eau et dans diverses solutions salines du phosphate de chaux à ses divers états, ont un intérêt direct pour l'application des engrais au sol.

Vœlcker, dans une série de recherches spéciales [1], a déterminé le degré de solubilité des divers phosphates, notamment au point de vue des os ; et par comparaison les phosphates chimiquement préparés, à l'état pur.

Nous avons groupé dans le tableau CXLVI les résultats obtenus pour la solubilité du phosphate tribasique de chaux et du phosphate de magnésie dans l'eau distillée, et pour la solubilité du phosphate de chaux dans des liquides tenant 1 p. 100 de divers sels, à savoir :

---

1. *Solubility of phosphatic materials.* Février, 1868.

chlorhydrate d'ammoniaque, carbonate d'ammoniaque, chlorure de sodium et nitrate de soude.

TABLEAU CXLVI. — Solubilité des phosphates chimiquement purs.

	GRAMMES PAR LITRE.		
	1er essai.	2e essai.	Moyenne.
Solubilité dans l'eau distillée.			
Phosphate tribasique de chaux pur, précipité, calciné et finement pulvérisé	0.0319	0.0308	0.0313
Phosphate tribasique de chaux pur, précipité et humide	0.0821	0.0764	0.0792
Phosphate de magnésie calciné et finement pulvérisé.	0.0993	0.1015	0.1004
Phosphate de magnésie à l'état humide	0.2030	0.2064	0.2047
Solubilité dans l'eau tenant 1 *p.* 100 *de chlorhydrate d'ammoniaque.*			
Phosphate de chaux précipité, encore humide . . .	0.3160	0.3046	0.3103
Solubilité dans l'eau tenant 1 *p.* 100 *de carbonate d'ammoniaque.*			
Phosphate de chaux précipité.	0.1620	0.1597	0.1068
Solubilité dans l'eau contenant 1 *p.* 100 *de chlorure de sodium.*			
Phosphate de chaux précipité.	0.0593 0.0627	0.0661 0.0649	0.0633
Solubilité dans l'eau contenant 1 *p.* 100 *de nitrate de soude.*			
Phosphate de chaux précipité à l'état humide . . .	0.0993	0.0970	0.0981

Le phosphate tribasique de chaux pur avait été préparé en versant une dissolution neutre de chlorure de calcium dans une dissolution de phosphate de soude ordinaire, en prenant soin de ne pas précipiter complètement le phosphate soluble de cette dernière. Le précipité lavé jusqu'à ce que les liqueurs ne se troublent plus par le nitrate d'argent, avait été séché, puis chauffé ; une partie, après incinération, fut réduite en poudre fine, et l'autre partie fut gardée à l'état gélatineux. Les essais se sont opérés avec 2 litres d'eau dis-

tillée, en agitant plusieurs fois et laissant séjourner le phosphate une semaine dans l'eau.

Le phosphate de magnésie a été préparé à l'état pur, en versant une dissolution neutre de sulfate de magnésie dans une dissolution de phosphate tribasique de soude ordinaire.

On remarquera que les phosphates à l'état gélatineux sont beaucoup plus solubles dans l'eau que lorsqu'ils ont été séchés et incinérés. En présence d'un sel ammoniacal, la solubilité augmente notablement; mais le sel marin et le nitrate de soude ne la développent pas sensiblement.

Les résultats obtenus par les essais de solubilité de divers phosphates, guanos et coprolithes dans l'eau distillée, dans la même eau tenant 1 p. 100 de chlorhydrate d'ammoniaque, etc., sont consignés dans le tableau CXLVII.

TABLEAU CXLVII. — Solubilité de divers phosphates.

	GRAMMES PAR LITRE.		
	1er essai.	2e essai.	Moyenne.
Solubilité dans l'eau distillée.			
Phosphate d'os pur (os très durs)	0.0147 0.0193	0.0159 0.0170	0.0167
Cendres d'os (Amérique)	0.0285	0.0250	0.0267
Guano du Pérou	0.0342	0.0376	0.0358
Guano Kooria Mooria	0.0170	0.0205	0.0187
Phosphate Sombrero	0.0114	0.0125	0.0119
Phosphate de l'île des Moines	0.0147	0.0137	0.0142
Coprolithes du Suffolk	0.0103	0.0079	0.0091
Coprolithes du Cambridgeshire	0.0091	0.0079	0.0085
Phosphorite de l'Estramadure	0.0014	0.0014	0.0014
Apatite de Norvège	0.0068	0.0067	0.0062
Solubilité dans l'eau tenant 1 *p.* 100 *de chlorhydrate d'ammoniaque.*			
Phosphate d'os pur	0.0433	»	0.0433
Cendres d'os du commerce	0.0137	0.0536	0.0336
Coprolithes du Cambridgeshire	0.0228	0.0206	0.0216
Coprolithes du Suffolk	0.0171	0.0148	0.0160
Solubilité dans l'eau tenant 1 *p.* 100 *de carbonate d'ammoniaque.*			
Coprolithes du Suffolk	0.0240	0.0251	0.0245
Coprolithes du Cambridgeshire	0.0217	0.0240	0.0228

Pour ces essais, il ne suffit pas, comme pour ceux des phosphates chimiquement purs, d'évaporer jusqu'à siccité le liquide dans lequel les phosphates ont séjourné pendant une semaine ; car le liquide renferme, outre les phosphates qu'il a dissous, plus ou moins de carbonate de chaux, de la magnésie et des traces d'alcalis qui fausseraient le calcul. Le liquide filtré et limpide doit être évaporé également jusqu'à siccité, mais le résidu est repris par aussi peu d'acide chlorhydrique que possible, et précipité de nouveau par l'ammoniaque. Souvent même, cette opération de reprise par l'acide, devra être renouvelée.

Le tableau CXLVII montre que les phosphates terreux du guano péruvien sont plus solubles dans l'eau que le phosphate d'os ; mais que les phosphates des roches guanifères, des coprolithes et phosphorites le sont à degré bien inférieur. La présence des sels ammoniacaux développe la solubilité du phosphate, tandis que celle du nitrate de soude ou du sel marin n'a aucune action.

Comme troisième série d'essais, Vœlcker a déterminé le degré de solubilité dans l'eau des os sous divers états, au point de vue du phosphate tribasique et de l'azote. Les résultats sont rapportés dans le tableau CXLVIII.

Les chiffres portés dans la colonne 1 se réfèrent aux quantités de phosphate tribasique dissoutes, après un séjour variable, dans l'eau distillée. La poudre des os très durs, au bout de trois jours, bien qu'elle eût été préalablement lavée et longtemps plongée dans l'eau froide pour la débarrasser de toutes impuretés solubles, a été à peine affectée ; après douze jours elle a cédé seulement 1 centigramme par litre d'eau. Les échantillons de poudres d'os du commerce, plus ou moins imprégnées de graisse qui empêche la décomposition et la solubilité dans l'eau, ont été pourtant plus solubles que la poudre des os très durs ; les os bouillis ou étuvés à la vapeur ont abandonné plus de phosphate à l'eau distillée que les poudres d'os du commerce.

Les chiffres portés dans les colonnes 2, 3 et 4 correspondent à des essais répétés pour chaque matière en renouvelant l'eau distillée au bout de 24 heures ; le but des épuisements successifs étant de reconnaître si l'enlèvement partiel des éléments azotés des os solubles dans l'eau a une influence sur la solubilité du phosphate.

TABLEAU CXLVIII. — Solubilité du phosphate et de l'azote des os, dans l'eau distillée.

	GRAMMES DISSOUS PAR LITRE.			
	Phosphate tribasique. 1.	Phosphate. 2.	Azote. 3.	Ammoniaque. 4.
1. Os durs (tibia de bœuf) poudre grossière	»	»	»	»
1er essai après 3 jours	0.0068	»	»	»
2e — 12 —	0.0114	»	»	»
2. Os spongieux (1/4 de pouce)	»	»	»	»
1re dissolution dans l'eau	»	0.0800	0.3894	0.473
2e — —	»	0.0319	0.0620	0.075
3. Poudre d'os très durs	»	»	»	»
1re dissolution dans l'eau	»	0.0089	0.1297	0.157
2e — —	»	0.0099	0.0200	0.024
4. Poudre d'os solides (grossièrement moulue)	»	»	»	»
1re dissolution dans l'eau	»	0.0350	0.1891	0.230
2e — —	»	0.0300	0.0782	0.095
5. Poudre d'os solides (finement moulue)	»	»	»	»
1re dissolution dans l'eau	»	0.0399	0.0899	0.109
2e — —	»	0.0299	0.0299	0.036
3e — —	»	0.0399	0.0099	0.012
6. Poudre d'os du commerce (os durs), après 1 semaine.	0.0525	»	»	»
	0.0604	»	»	»
7. — — (poreux), —	0.0770	»	»	»
8. Cornes de bœuf (partie interne), après 1 semaine	0.0764	»	»	»
9. Farine d'os 1re dissolution dans l'eau	»	0.1297	0.1000	0.121
2e — —	»	0.0399	0.0499	0.060
3e — —	»	0.0242	0.0449	0.054
10. Farine d'ivoire 1re dissolution dans l'eau	»	0.0648	0.0980	0.119
2e — —	»	0.0319	0.0488	0.059
3e — —	»	0.0400	0.0390	0.047
11. Os bouillis (résidus de colle forte)	»	»	»	»
1re dissolution dans l'eau	»	0.0598	0.2495	0.303
2e — —	»	0.0299	0.0299	0.016
3e — —	»	0.0306	0.0253	0.031
12. Os bouillis ou étuvés après 1 semaine	0.0841	»	»	»
13. Os fermentés 1re dissolution dans l'eau	»	0.2895	0.3949	0.497
2e — —	»	0.1497	0.0698	0.085
3e — —	»	0.0898	0.0499	0.060

La présence d'une quantité minime de matière organique soluble ne paraît pas pour les poudres d'os durs, nos 3, 4 et 5, avoir augmenté la solubilité du phosphate ; car la dose d'azote, dissous à l'état de matière organique, est plus forte dans la première dissolution que dans les suivantes, et celle du phosphate dissous ne varie guère.

Les résultats pour les os spongieux n° 2 confirment ce fait que la solubilité des phosphates et des matières azotées est plus grande dans des os poreux seulement concassés, que dans des os durs finement pulvérisés. Dans la première dissolution des os spongieux, l'azote a été reconnu à l'état de sel ammoniacal, ce qui explique la plus forte proportion de phosphate dissoute par l'eau au bout de 24 heures.

Pour les farines d'os n° 9, la farine d'ivoire n° 10 et les os bouillis réduits en poudre fine n° 11, les résultats concordent, en ce sens que la première dissolution est celle qui dose plus de phosphate. La farine d'os est deux fois plus soluble que la farine d'ivoire et que celle des os bouillis ou soumis à la vapeur à haute pression.

Enfin, les os fermentés n° 13 sont les plus solubles dans l'eau, ce qui vient à l'appui de la pratique de faire fermenter la poudre d'os pour activer et augmenter son effet. Ces mêmes os traités par l'eau bouillante, au lieu d'eau froide, ont abandonné $0^{gr},518$ de phosphate par litre dans une première dissolution et $0^{gr},112$ dans une seconde dissolution par l'eau bouillante.

Divers essais, dans le but de reconnaître si l'addition de sel favorise la solubilité du phosphate dans les os, n'ont donné que des résultats négatifs.

Vœlcker a résumé de la manière suivante les résultats des expériences sur la solubilité des phosphates.

1. Le phosphate de chaux pur et sec est faiblement soluble dans l'eau.

2. A l'état humide ou de précipité volumineux, le phosphate pur est à peu près quatre fois plus soluble.

3. Les sels ammoniacaux développent la solubilité du phosphate, soit pur, soit à l'état où le présentent la cendre d'os, les coprolithes, etc.

4. Le nitrate de soude et le sel marin n'ont aucune action sur la solubilité dans l'eau des phosphates.

5. La cendre d'os n'est pas assez soluble dans l'eau pour pouvoir être utilisée directement comme engrais.

6. Les phosphates terreux des guanos qui tiennent de la matière organique ou des sels ammoniacaux sont assez solubles pour être promptement utilisés par les plantes.

7. L'eau a peu d'action sur les phosphates minéraux (coprolithes, apatites, phosphorites, etc.), surtout quand ils sont durs et cristallins.

8. Les poudres d'os offrent un degré très variable de solubilité ; et par conséquent, d'efficacité comme engrais.

9. Les os verts, imprégnés de graisse, n'entrent pas aussi vite en décomposition et sont moins avantageux comme engrais que les os bouillis ou dégraissés.

10. L'eau dissout plus de phosphate dans les os fermentés que dans les os frais.

11. Pendant la putréfaction, les composés azotés solubles et les sels ammoniacaux produits par la gélatine et qui constituent un précieux engrais, ont l'avantage d'accroître la solubilité des phosphates dans l'eau.

12. La poudre d'os gardée en tas pendant 3 ou 4 mois, s'échauffe et acquiert ainsi plus d'efficacité comme engrais.

13. Les os traités par la vapeur à haute pression deviennent si friables qu'on peut les réduire facilement en poudre directement assimilable par les plantes.

14. La farine d'os étuvés ne renferme pas beaucoup moins d'azote que la poudre d'os ordinaire, et rend de bien meilleurs services comme engrais.

15. Mise en tas avec des cendres ou du sable et arrosée d'eau ou d'engrais liquide, la poudre d'os entre en décomposition et acquiert plus d'efficacité, en même temps qu'un plus grand degré de solubilité.

16. La pratique suivie dans le Norfolk, qui consiste à étendre la poudre d'os en couches avec du fumier de ferme frais, et à laisser fermenter en tas coniques, couverts de terre, pour empêcher la déperdition des éléments fertilisants et le lavage des pluies, est également recommandable pour augmenter le degré de solubilité des phosphates.

Nécessité de rendre les phosphates solubles. — Étant admis que le phosphate de chaux, comme tout autre élément nécessaire à l'alimentation des plantes, doit être, dans une certaine mesure, soluble dans l'eau ou dans le liquide qui pénètre par les racines dans le corps de la plante, on peut dire, d'après les expériences qui viennent d'être relatées, qu'aucun phosphate de chaux naturel, quelque dur

ou cristallisé qu'il soit, n'est absolument insoluble dans l'eau, surtout lorsqu'elle est plus ou moins chargée d'acide carbonique. On sait, par exemple, que la craie des couches inférieures de la formation crétacée et que certaines marnes du grès vert sont des amendements plus efficaces que les craies et les marnes des couches supérieures, parce que les premières renferment plus ou moins de phosphate de chaux soluble dans l'eau. Le phosphate de chaux, sous la forme minérale, jouit donc de propriétés fertilisantes ; de même son état de division influe sur son degré de solubilité. On vient de voir, en outre, que ce degré est variable, suivant la composition du phosphate, puisqu'un volume d'eau déterminé dissout plus de phosphate de chaux dans la poudre d'os que dans les os broyés ; plus de phosphate dans le guano phosphaté, que dans la poudre de coprolithes, etc. Le phosphate de chaux insoluble, quand il est obtenu par précipitation, est beaucoup plus soluble dans l'eau qu'à l'état où il existe dans la farine ou la cendre d'os. Quand il est fraîchement précipité et gélatineux, il est quatre fois plus soluble dans l'eau que celui qui est desséché et chauffé. La différence de solubilité que l'on constate entre la poudre d'os et la poudre de coprolithes, tient à l'état d'aggrégation ; mais, de même que le traitement par l'acide de la poudre d'os augmente son efficacité, de même le traitement de la poudre de coprolithe par l'acide augmente sa solubilité.

Tout le secret de l'action puissante des superphosphates réside dans le fait que le phosphate de chaux insoluble est disséminé dans le sol à l'état de division ou de précipitation en particules très fines, et non pas, comme on le suppose à tort, parce que les plantes absorbent directement les phosphates solubles. Tous les sols précipitent plus ou moins rapidement le phosphate soluble de sa dissolution ; ceux où la chaux abonde le précipitent plus vite que ceux où les éléments basiques font défaut. Comme cette transformation doit s'opérer avant que le phosphate puisse être utilisé par la plante, et que la moindre dose d'acide libre lui serait préjudiciable, il s'ensuit qu'un superphosphate très acide, dans un sol qui manque de chaux ou d'autres bases, est moins efficace pour les turneps, par exemple, quoique renfermant beaucoup de phosphate soluble, qu'un superphosphate minéral titrant moins de phosphate soluble acide.

Par le traitement à l'acide, les phosphates durs et difficilement solubles des coprolithes et des autres minerais phosphatés, sont d'abord rendus solubles dans l'eau, puis précipités à l'état insoluble dans le sol lui-même, en augmentant de volume et de solubilité. Aussi l'application de quelques quintaux de superphosphate à l'hectare, grâce à l'état de division et au volume qu'il acquiert par précipitation dans le sol, est-elle plus efficace la plupart du temps que celle des deux ou trois tonnes de marne phosphatée ou qu'une demi-tonne de coprolithes en poudre. Ce qui n'empêche pas qu'il y a des terres auxquelles la marne s'applique plus avantageusement que le superphosphate, et d'autres où la poudre d'os, partiellement dissoute par l'acide, a plus d'effet sur les racines que les os dissous riches en phosphates solubles.

S'il était réellement préférable d'employer les phosphates à l'état naturel sur le sol, au lieu de les appliquer à l'état de superphosphate, il y a quarante ans que les cultivateurs auraient fait fausse route, depuis la communication du duc de Richemont sur les essais de culture des turneps à l'aide de la poudre d'os traitée par l'acide sulfurique, faite par le club des fermiers du Morayshire (1843), suivie des expériences les moins contestables de Hannam, de Purchas, de Daubeny, à l'aide des phosphorites d'Espagne pulvérisées et acidifiées, de sir J. B. Lawes, à l'aide de coprolithes moulus et rendus solubles par les acides, de sir Harry Verney avec des phosphorites en poudre et dissoutes, de Vœlcker avec la poudre d'os naturelle, la même poudre acidifiée et le superphosphate.

Aux conclusions tirées par M. Jamieson de ses expériences dans le comté d'Aberdeen, d'après lesquelles les phosphates minéraux finement moulus sont aussi efficaces que ceux traités par l'acide sulfurique et qu'il y a économie à se passer de superphosphate pour la culture des racines, Vœlcker oppose une objection catégorique, basée sur les observations que nous venons de résumer; à savoir, que le traitement chimique des phosphates minéraux est le procédé d'utilisation le meilleur et le plus économique au point de vue agricole[1].

1. *On the comparative value of soluble and insoluble phosphates. — Journ. Roy Agric. Soc. of England*, vol. XVI, 1880.

A. — *Superphosphates.*

Pour fabriquer du superphosphate de chaux avec les os, il est essentiel de les réduire en poudre fine, que l'on imbibe d'environ un tiers en poids d'eau, avant d'y ajouter d'un tiers à moitié de leur poids d'acide sulfurique du commerce. On laisse refroidir la masse pâteuse dans le récipient où le mélange a été brassé; à moins que, fabriquant d'une manière continue, on ne laisse s'écouler la matière fluide, pour la remplacer dans le cylindre à agitateur par une nouvelle quantité de mélange, et après un délai de 5 à 10 minutes employé à brasser, on ne recommence l'opération. Les produits des opérations successives sont gardés en tas pendant un ou deux mois, et, s'il est nécessaire, on les tamise quand ils sont secs avant de les embariller.

Si l'on emploie, au lieu d'os, des coprolithes, de la cendre d'os, des phosphates et des guanos phosphatés, le procédé est le même, sauf que la quantité d'acide sulfurique doit être augmentée en raison du carbonate de chaux contenu dans ces matières, qui neutralise une partie de l'acide. Ainsi, pour les coprolithes, faut-il employer au moins 75 p. 100 en poids d'acide sulfurique, afin de convertir la totalité des phosphates insolubles en phosphates solubles. Cette proportion varie considérablement suivant la teneur en carbonate de de chaux des nodules ou des roches phosphatées.

Dans le cas de la cendre d'os, il n'y a pas d'inconvénient à ce que la totalité du phosphate tribasique ne soit pas convertie en biphosphate; mais, au point de vue des racines, turneps, mangolds, etc., il importe que dans les engrais vendus comme superphosphates, les phosphates minéraux des apatites, des coprolithes, soient transformés en biphosphate immédiatement assimilable[1].

Il y a lieu d'insister sur ce point qu'en dissolvant par l'acide sulfurique les phosphates minéraux qui renferment beaucoup de carbonate de chaux, une partie de l'acide est perdue pour le neutraliser. Aussi, pour produire du phosphate de chaux monobasique ou so-

1. *Manure artificial; ure's dictionary,* etc. 1863.

TABLEAU CXLIX. — Composition des superphosphates du commerce.

1861-62.	EAU.	MATIÈRE organique.	BIPHOSPHATE de chaux soluble.	PHOSPHATE neutre.	PHOSPHATE insoluble.	SULFATE de chaux anhydre.	SELS alcalins.	SILICE insoluble.	AZOTE.	AMMONIAQUE.
1. Superphosphate d'os, 1859	11.72	14.72	16.71	(26.07)	16.26	33.80	6.79		»	1.52
2. — Cirencester (collège)	32.80	0.13	18.49	(28.80)	»	41.82	3.76		»	»
3. — Robinson de Glos'ter	17.69	9.90	17.06	(26.62)	8.47	39.50	7.38		»	0.41
4. — Matthews et fils Stroud	21.90	9.01	14.49	(22.61)	4.44	41.69	8.47		»	0.37
5. — Read et Cie (Salisbury)	24.03	7.26	12.56	(19.59)	9.60	39.49	7.06		»	1.20
6. — Lawes (Londres)	16.99	11.08	15.11	(23.67)	11.15	39.47	6.20		»	0.59
7. — de coprolithes. Prentice	10.10	2.53	15.53	(24.23)	6.95	58.71	6.18		»	»
8. — Packard (Ipswich)	18.81	5.54	17.28	(26.96)	5.30	46.95	6.12		»	0.08
9. — Damen (Dorchester)	15.49	4.37	11.32	(17.67)	12.85	46.26	1.45	8.26	0.11	0.13
10. — Vincent (Truro)	19.50	5.66	13.83	(21.57)	10.20	34.49	2.48	3.84	0.85	1.03
11. — Révd. Bets (Hants)	16.19	8.40	15.76	(24.60)	10.80	43.30	1.65	3.90	0.74	0.89
12. — Odams (Londres)	18.02	8.03	17.70	(27.62)	3.22	46.38	1.84	4.01	0.26	0.39
13. — Scott (Southampton)	5.43	9.78	11.26	(17.58)	16.17	49.98	1.84	5.54	0.72	0.87
14. — Bock (Barnstaple)	17.59	11.61	14.75	(23.01)	15.03	33.90	1.82	5.30	1.07	1.29
15. — Tiffen (Hull)	13.88	15.81	13.67	(21.33)	13.62	34.17	2.69	6.16	1.21	1.47
16. — Finlayson (Cairn)	19.88	6.36	13.83	(21.57)	11.12	41.01	3.73	4.17	0.15	0.18
17. — Cie O. Anglet. (Penryn)	14.78	7.94	13.61	(21.24)	19.72	35.70	1.75	6.50	0.61	0.74
18. — Cooper (Bideford)	15.21	10.81	12.62	(19.69)	18.84	34.03	1.89	6.60	0.72	0.87
19. — Croydon et Cie	13.61	11.86	13.54	(21.20)	5.70	51.19	0.19	3.91	0.70	0.85
20. Superphosphate Bernard Lack et Cie (Plymouth)	8.91	»	25.70	(40.11)	6.68	55.43	3.28		»	»

luble, faut-il, avec le phosphate tribasique, transformer deux équivalents de chaux en deux équivalents de sulfate de chaux. Avec le phosphate bibasique qui constitue certains guanos *croûte* (tels que ceux des îles de Californie ou de l'Océan Pacifique Sud), il n'y a qu'un équivalent de carbonate de chaux à convertir en sulfate ; ce qui permet d'introduire dans les engrais concentrés une dose bien supérieure de phosphate soluble sous le même volume[1].

La composition des superphosphates varie notablement sous le rapport du phosphate soluble, du phosphate insoluble et de l'azote. Le tableau CXLIX réunit les analyses d'un certain nombre de produits, exécutées au laboratoire de Vœlcker, à la demande des fabricants eux-mêmes ou des cultivateurs. Ce sont les analyses que nous avons relevées nous-même dans les registres du laboratoire, pendant notre mission d'étude de la fabrication et de l'emploi des phosphates de chaux en Angleterre, en 1863[2].

Le seul échantillon qui mérite une mention spéciale dans ce tableau est celui analysé sous le n° 20, provenant de l'usine Bernard Lack et Cie, de Plymouth, et qui renferme 25.70 p. 100 de phosphate soluble. Dans cette fabrication spéciale, le phosphate soluble est précipité, concentré après coup, et ajouté au superphosphate ordinaire. Son prix de vente était de 300 fr. la tonne.

Les analyses, publiées par Vœlcker, de divers superphosphates de bonne qualité, c'est-à-dire renfermant de 6 à 8 p. 100 de phosphate soluble ou biphosphate de chaux, et le double de phosphate insoluble, sont résumées dans le tableau CL.

Les superphosphates n°s 5 à 10 et 12 qui titrent plus de 12 p. 100 de phosphate soluble, dosent évidemment moins de phosphate insoluble que les autres. Les échantillons 10 et 11 se font remarquer, en ce qu'ils ont été fabriqués à Cirencester pour les expériences culturales des navets de Suède en 1858 et 1861 ; le n° 10, avec de la poudre d'os dissoute dans l'acide sulfurique, et le n° 11 avec un mélange de coprolithes et de poudre d'os traités par l'acide et additionnés de sel marin.

1. *On phosphatic guanos,* 1876.

2. *Fabrication et emploi des phosphates de chaux en Angleterre,* par A. Ronna ; *Journal d'agriculture pratique,* année 1864.

TABLEAU CL. — Analyses de divers superphosphates.

	SOUTHAMPTON.		BRISTOL.		OS et minéraux.	MINÉRAL.	MINÉRAL.		MINÉRAL.	POUDRE d'os.	COPROLITHES et poudre os.	MINÉRAL.
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Eau	19.26	24.10	20.53	14.04	15.38	18.92	22.85	18.58	10.80	24.33	22.83	18.60
Matière organique	16.12	13.79	14.76	19.38	9.45	6.21	8.41	11.05	4.21	5.04	4.88	9.32
Biphosphate de chaux	6.38	8.58	10.31	9.82	13.04	15.66	20.68	18.07	20.28	17.00	8.28	12,29
Égal à phosphate tribasique.	(9.94)	(13.36)	(16.09)	(15.29)	(20.42)	(24.52)	(32.37)	(28.29)	(31.63)	(26.52)	(12.91)	(19.25)
Phosphates insolubles	22.16	21.30	17.72	20.01	13.25	5.14	6.94	5.18	4.11	9.89	16.21	10.50
Magnésie	»	»	»	»	1.03	0.86	»	»	»	2.81	»	
Sels alcalins	5.16	6.60	1.56	2.33			»	»	10.78		5.53	43.89
Sulfate de chaux	25.10	20.33	28.39	24.76	43.10	47.37	39.54	40.84	46.63	39.25	37.42	
Matière siliceuse insoluble.	'5.82	5.30	6.73	6.66	4.75	5.84	1.58	6.28	3.19	1.68	4.85	5.40
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Azote p. 100.	1.66	Indéterminé	0.85	Indét.	0.33	0.08	»	»	0.34	1.28	0.55	»
Égal à ammoniaque	2.01	»	1.06	»	0.40	0.09	»	»	0.41	1.55	0.66	»

Nous omettons les nombreuses analyses de superphosphates de qualité inférieure dont Vœlcher a signalé la fraude dans ses rapports annuels à la Société royale d'agriculture d'Angleterre. Si la fraude obtenue par l'addition de sable est facile à découvrir, celle qui consiste à ajouter du plâtre ne peut être découverte que par l'analyse ; car par le traitement à l'acide de la poudre ou de la cendre d'os, il se forme nécessairement du sulfate de chaux. L'analyse seule permet de constater si la dose a été augmentée par le mélange avec du plâtre cuit.

Les superphosphates s'employant seuls pour la culture des racines et notamment pour les turneps et les navets de Suède, il est essentiel de s'assurer de leur composition.

Il a été démontré par l'expérience que pour la culture des racines, à moins qu'il ne s'agisse de terres déjà riches en phosphates, l'emploi du guano se fait en pure perte ; mais le superphosphate qui sur certaines argiles tenaces peut demeurer sans effet, pour d'autres motifs que ceux de son action chimique, ne doit être employé que sur des terres argileuses, suffisamment ameublies ou pulvérisées. Beaucoup d'engrais coûteux sont ainsi perdus parce que le sol n'est pas convenablement préparé ; c'est aussi ce qui justifie la pratique de certains fabricants d'engrais qui vendent sans bénéfice les instruments perfectionnés afin de mieux placer leurs produits fertilisants.

Le superphosphate employé à raison de 200, de 400, de 750 jusqu'à 2,000 kilogr. par hectare, a un avantage incontestable sur le guano et le sulfate d'ammoniaque, pour la culture des racines, c'est qu'en excès il ne tue pas la graine et que, loin d'en retarder la germination comme le sulfate d'ammoniaque employé à doses modérées, il l'active[1].

Coprolithes dissous. — Les coprolithes réduits en poudre fine sont souvent dissous directement par le cultivateur à l'aide de l'acide sulfurique, et employés à l'état pulvérulent sur le sol pour la fumure des turneps. Nous donnons ci-après (tableau CLI) la composition de quatre échantillons de superphosphate minéral ainsi obtenu,

1. *The composition of fertile and barren soils. Four lectures,* 1857, p. 61.

ayant servi aux essais de culture à Woburn en 1880 et 1881, et à Leighton, Buzzard et à Rochester en 1880.

TABLEAU CLI. — Composition du superphosphate minéral (coprolithes du Cambridgeshire).

	WOBURN.		LEIGTON Buzzard.	ROCHESTER.
	1.	2.	3.	4.
Eau	14.10	8.96	11.75	15.70
Matière organique et eau combinée	12.15	9.53	10.35	13.70
Biphosphate de chaux	16.45	17.80	17.48	16.53
Égal à phosphate tribasique	(25.76)	(27.87)	(27.37)	(25.89)
Phosphates insolubles	8.79	7.80	4.49	4.69
Sulfate de chaux; Sels alcalins et magnésie	44.26	49.46	46.79	40.59
Matière siliceuse insoluble	4.25	6.45	9.14	8.79
	100.00	100.00	100.00	100.00

B. — *Engrais azotés.*

Engrais de poisson. — Parmi les engrais azotés, ceux qui sont fabriqués à l'aide des poissons, de leurs débris et des résidus des pêcheries, ont une richesse fertilisante qui s'approche, dans certains cas, de celle des guanos actuels du Pérou.

Dans le tableau CLII sont groupées les analyses que Vœlcker a faites, à plusieurs dates, de ces guanos de poisson livrés à l'agriculture ; nous les faisons suivre des remarques qu'ils a publiées.

N° 1. *Engrais de poisson.* — Cet engrais, très humide, qui renferme à peine 4 p. 100 de phosphate de chaux et 1 p. 100 d'ammoniaque, n'a pas grande valeur fertilisante, et ne devrait être payé que sur le pied du phosphate et de l'ammoniaque indiqués par l'analyse[1].

N° 2. *Engrais de poisson desséché.* (Newcastle.) — Bien plus riche en phosphates que le précédent, mais ne dosant que 1.5 p. 100

1. *Annual report for* 1872. 1873.

TABLEAU CLII. — Composition de guanos et engrais divers à base de poisson.

	ENGRAIS de poisson.	ENGRAIS de poisson desséché.	GUANO DE POISSON.				GUANO MARIN.		GUANO polaire.	ENGRAIS poisson et os.		ENGRAIS poisson et sang.
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Eau	60.17	15.08	8.68	25.98	6.88	22.15	9.30	7.80	9.44	7.51	9.68	18.86
Matière organique[1]	14.70	19.64	74.85	59.87	57.35	62.12	62.35	58.30	62.31	16.25	11.85	25.63
Oxydes de fer et alumine	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1.40	0.89	4.43
Acide phosphorique[2]	»	»	6.63	5.22	14.42	6.76	»	»	»	»	»	»
Biphosphate de chaux		10.48	»	»	»	»						
Égal à phosphate tribasique	3.99	(16.35)	»	»	»	»	23.55	28.79	23.65	2.46	5.72	1.92
Phosphates insolubles		17.85	»	»	»	»						
Chaux	15.31	»	6.63	5.29	17.67	6.82	»	»	»	67.15	63.46	32.72
Sulfate de chaux	»	27.55	»	»	»	»	»	»	»			
Sels alcalins (sel marin)	2.29	3.00	»	»	»	»	3.71	3.56	4.31	»	»	3.69
Magnésie, acide carbonique, etc.	»	»	2.80	3.49	3.49	1.81	»	»	»	»	»	»
Matière siliceuse insoluble	3.54	6.40	0.41	0.15	0.19	0.34	1.09	1.35	0.29	5.23	8.40	12.75
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	0.84	»	11.69	9.21	8.52	7.42	7.20	5.93	8.43	0.44	0.49	1.20
Égal à ammoniaque	1.02	1.49	14.19	11.18	10.34	9.01	8.62	7.20	10.24	0.53	0.59	1.45
2. Égal à phosphate de chaux tribasique	»	»	14.47	11.39	31.48	14.76	»	»	»	»	»	»

d'ammoniaque, cet engrais est un composé d'os et de détritus de poissons traités par l'acide sulfurique. C'est à proprement dire un superphosphate azoté [1].

Nos 3 à 6. *Guano de poisson.* — Ce guano importé d'Amérique, à l'état sec et pulvérulent, est un engrais concentré de premier ordre, qui titre de 7.5 à 11.5 p. 100 d'ammoniaque, et de 11 à 32 p. 100 de phosphate de chaux; et peut concurrencer le guano péruvien; mais il n'arrive que par chargements irréguliers et relativement peu considérables [2].

Nos 7 et 8. *Guano marin.* — Le guano importé sous ce nom est de composition analogue à celle des guanos dits de poisson, bien que les deux échantillons soumis à l'analyse varient sensiblement. Les agriculteurs l'utilisent avec profit pour les choux, les mangolds, le blé d'automne, et les autres récoltes auxquelles le guano péruvien est communément appliqué [3].

No 9. *Guano polaire.* — Le guano polaire rentre dans les deux catégories précédentes.

Nos 10 et 11. *Engrais poisson et os.* — Ces engrais, quoique bien préparés, sont très pauvres en ammoniaque et en phosphate de chaux, mais en revanche le plâtre et la chaux y dosent plus de 60 p. 100 et leur enlèvent toute valeur commerciale pour ne point parler de la valeur agricole [4].

No 12. *Engrais poisson et sang.* — Le sang et la chair représentant environ 16 p. 100 d'ammoniaque par leur décomposition; l'engrais no 12 qui titre à peine 1.5 d'ammoniaque ne doit guère contenir de sang encore moins de chair de poisson. C'est un mélange de débris animaux, de sels de pêcherie et d'os de poisson, avec du carbonate de chaux et du sable. Sa valeur toutefois est supérieure à celle des engrais 10 et 11 [5].

Engrais de chair et de sang. — De nombreuses matières animales, parmi elles le sang et la viande, les déchets des abattoirs et

1. *On the agric. and commerc. value of some artificial manures.* 1855.
2. *Annual report for* 1877. 1878.
3. *Annual report for* 1882. 1883
4. *Quarterly report of the chemical committee for December* 1871. 1872.
5. *Quarterly report, for December* 1870. 1871.

des boucheries, les tontisses de laine et de drap, les déchets de cuir, de cornes, de plumes, servent également à préparer des engrais qui n'ont, pour la plupart, de valeur fertilisante qu'en raison de l'ammoniaque qu'ils contiennent.

On trouvera dans le tableau CLIII quelques-unes des analyses, publiées par Vœlcker, des engrais à base de chair et de sang des animaux.

Deux de ces engrais de chair desséchée, n°s 1 et 2, provenant des résidus des fabriques de l'extrait de viande Liebig : le n° 1 est importé de l'Amérique du Sud en Angleterre et le n° 2 arrive de l'Australie.

L'engrais n° 3, importé de la Nouvelle-Orléans, sous le nom de guano animal ou Azotane, est mieux préparé que les n°s 1 et 2. Avec une teneur égale en ammoniaque, il renferme plus de phosphate de chaux.

Sous le n° 4, le guano animal importé d'Australie offre une teneur en ammoniaque trois fois moindre que les précédents. Quoique beaucoup plus riche en phosphate de chaux, il ne vaut guère plus que de la poudre d'os ordinaire. C'est un mélange d'os dissous, de sang et de chair desséchés [1].

L'engrais de chair n° 5 fabriqué par Dixon et Cardus, de Southampton, se vendait au prix de 220 fr., et l'engrais de sang n° 6 au prix de 200 fr. la tonne; tous deux de bonne qualité et à leur prix, d'après leur composition.

Les engrais composés de sang n°s 7, 8 et 9 qui dosent entre 1 et 2.3 p. 100 d'ammoniaque et entre 2.2 et 5 p. 100 de phosphate de chaux, sont très humides, fortement mélangés de matières inertes, sans parler du carbonate et du sulfate de chaux, et offrent peu d'intérêt comme fertilisants [2].

Engrais de laine. — Comme engrais de laine, employés pour les navets et le froment, que Vœlcker a mis en parallèle avec d'autres fertilisants, dans ses expériences culturales, il donne la composition suivante :

1. *Annual report of the consulting chemist for* 1872. 1873.

2. *Annual report for* 1871. 1872. — *Report of the chemical committee for* 1870 ; 1871 ; et *report of the chemical committee for* 1882. 1883.

TABLEAU CLIII. — Composition des engrais à base de chair et de sang.

	ENGRAIS DE CHAIR DESSÉCHÉE.		GUANO ANIMAL.		ENGRAIS de chair.	ENGRAIS DE SANG.		ENGRAIS SANG ET OS.	
	Amérique. 1.	Australie. 2.	Nouvelle-Orléans. 3.	Australie. 4.	5.	6.	7.	Weymouth. 8.	» 9.
Eau	9.07	6.73	11.26	18.20	16.00	12.50	30.92	22.72	29.49
Matière organique [1]	87.41	89.54	80.31	41.78	48.80	36.13	22.02	19.97	22.85
Oxydes de fer et alumine	»	»	»	»	»	»	5.10	11.59	6.86
Acide phosphorique [2]	»	»	»	15.01	»	4.55	»	1.82	»
Phosphate de chaux		0.89	3.09	»	30.85	14.25	5.06	»	2.21
Chaux		»	»	18.52	»	»	»		»
Carbonate de chaux	3.52			»	»		18.11	8.85	»
Sulfate de chaux		1.13	4.65	»	2.50	23.48			9.81
Sels alcalins, etc.				0.90	»		6.06	5.73	»
Matières siliceuses insolubles		1.71	0.69	5.59	1.85	7.30	12.73	29.32	28.78
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	11.97	10.94	11.34	3.85	6.01	3.60	1.91	0.88	1.06
Égal à ammoniaque	14.67	13.28	13.77	4.67	7.30	4.37	2.32	1.07	1.29
2. Égal à phosphate de chaux tribasique.	»	»	»	32.75	»	9.93	»	3.97	»

Engrais de laine.

	Pour navets[1].	Pour froment[2].
Eau	21.26	11.59
Matière organique soluble et sels ammoniacaux[1]	10.52	75.94
Matière organique insoluble	5.28	
Biphosphate de chaux	1.41	»
— égal à phosphate de chaux tribasique	(2.21)	»
Phosphates insolubles	12.63	»
Sulfate de chaux hydraté	23.41	»
Carbonate de chaux	»	2.22
Sels alcalins (sel marin)	15.26	1.26
Oxydes de fer, alumine	»	2.52
Matière siliceuse insoluble	10.23	6.47
	100.00	100.00
1. Contenant azote	2.96	11.93
Egal à ammoniaque	2.63	14.49

L'engrais n° 2 pour fumure du froment en couverture, livré sous le nom d'*ulmate d'ammoniaque,* bien que renfermant seulement 2.05 p. 100 d'ammoniaque à l'état de sels ammoniacaux, est formé presque exclusivement de matières azotées : laine et cheveux ou poils, rendus solubles par un procédé particulier. Dans les essais de Vœlcker, il s'est montré inférieur comme rendement au guano, au nitrate de soude et au sulfate d'ammoniaque. Pour les autres engrais d'origine animale, il importe seulement de connaître la teneur en ammoniaque, car c'est à elle qu'ils doivent leur valeur fertilisante et commerciale. Vœlcker indique comme il suit le dosage des matières qui, fournies à l'état de déchets ou de résidus, trouvent leur débouché dans la clientèle agricole[3] :

	AZOTE P. 100.		AMMONIAQUE p. 100.
Déchets de peaux	5.67	=	6.88
Poussière de cuir (blanche)	3.66	=	4.58
Déchets de cuir	7.01	=	8.51
Poussières de laine (peignage)	7.62	=	9.25
Poussiers de drap[4]	3.53	=	4.41
Déchets de plumes	6.34	=	7.69
Sang desséché	10.99	=	13.33

1. *Experiments upon Swedes.* 1858.
2. *Experiments with differents top-dressings upon wheat.* 1862.
3. Moyenne de 4 dosages, à laquelle il convient d'ajouter la moyenne des cendres obtenues par incinération, égale à 26.24 p. 100.
4. *Annual report of the consulting chemist for* 1882. 1883.

Ces cuirs tannés par les procédés ordinaires ont peu ou point de valeur comme engrais, car l'acide tannique combiné avec la peau résiste à la décomposition de l'humidité et de l'air dans le sol. Il s'agit ici de déchets de cuirs non tannés par les acides tannique et gallique.

Les poussiers de batterie et balayures de fabriques de drap, connus en Angleterre sous le nom de *Shoddy*, y sont employés pour le blé et le houblon. En raison de la grande quantité d'huile qu'il contient, cet engrais se décompose très lentement dans le sol ; aussi importe-t-il de l'enfouir longtemps d'avance ou de le faire fermenter avec de l'urine.

Engrais d'origine végétale. — Tourteaux. — Comme engrais organiques, il nous reste à parler des tourteaux du commerce dont l'emploi est répandu en Angleterre aussi bien pour l'azote que pour les phosphates qu'ils contiennent.

Vœlcker n'a publié qu'un petit nombre d'analyses de tourteaux pour engrais, et plutôt dans le but d'éclairer les agriculteurs sur leur valeur commerciale, étant donnée leur composition. Un tourteau de colza de bonne qualité devant renfermer environ 5 p. 100 d'azote et 5 p. 100 de phosphate de chaux, les deux analyses qui suivent indiquent une composition inférieure à la moyenne [1].

Composition de tourteaux de colza pour engrais.

	1.	2.
Eau	8.24	8.55
Matière organique [1]	82.40	64.35
Phosphates	2.56	2.55
Carbonate de chaux, etc.	»	4.90
Sels alcalins [2]	4.08	»
Matière insoluble	2.72	19.35
	100.00	100.00
1. Contenant azote	3.18	3.24
Égal à ammoniaque	3.86	3.93
2. Contenant phosphate de chaux tribasique	1.58	»

1. *Quarterly report of the chemical committee for* 1872. 1873. — Id. *for* 1882. 1883.

Tourbe-litière. — L'emploi comme litière pour les animaux, de la fibre ou mousse qui constitue la tourbe sèche, a été recommandé dans ces dernières années, avec quelque succès.

Vœlcker a soumis à l'analyse des échantillons de ces mousses tourbeuses, de couleur brun clair, ou d'un brun foncé, et formant de gros volumes ; il leur a trouvé la composition suivante [1] :

Composition des mousses tourbeuses.

Eau	12.80
Matière organique [1]	85.13
Matière minérale (cendres)	2.07
	100.00
1. Contenant azote	0.61

Ces fibres absorbent l'eau bien plus complètement que la paille et de plus, fixent bien mieux l'ammoniaque, à cause des acides humiques que renferme la tourbe. Les écuries et les étables où l'on se sert de tourbe comme litière ont meilleure odeur que celles où l'on emploie la paille ; et il n'y a rien dans cette pratique, de l'avis de Vœlcker, qui puisse nuire au bétail ou au chevaux. Comme engrais, la valeur de la tourbe sèche est à peu près nulle, mais elle forme une excellente matière pour l'absorption de l'urine et des excréments des animaux.

Comme une tonne de tourbe fait à peu près le même usage que deux tonnes de paille, pour l'emploi comme litière, il y aurait une économie réelle à s'en servir dans les localités où la paille peut se vendre à bon prix et où le fumier coûte cher à préparer.

L'analyse de trois échantillons d'engrais préparés avec de la tourbe ayant servi de litière, tableau CLIV, démontre que l'on obtient une matière fertilisante au moins égale au fumier de ferme consommé.

1. *Annual report of the consulting chemist for* 1882. 1883.

TABLEAU CLIV. — Composition des engrais de tourbe employée comme litière.

	1.	2. *	3. *
Eau	70.90	66.01	62.70
Matière organique[1] / Sels ammoniacaux[1]	25.50	27.16	30.38
Phosphate de chaux	0.76	1.07	1.01
Sels alcalins, etc.	1.15	2.14	2.07
Matière siliceuse insoluble	1.69	3.62	3.84
	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	0.56	0.59	0.66
Égal à ammoniaque	0.68	0.73	0.80

** *Annual report, etc. for 1883. 1884.*

C. — *Engrais phosphatés.*

Os dissous. — Les produits analysés sous les nos 1 et 2 (tableau CLV) ne renferment, quoique vendus comme os dissous, que 16 et 8 p. 100 d'os et représentent une valeur vénale de 150 et 100 fr. par tonne[1]. Comme Vœlcker le remarque au sujet de la plupart des os dissous, livrés à l'agriculture, ils se composent d'un mélange de superphosphate minéral et de cendre ou de poudre d'os. L'engrais no 3, au contraire, qui a servi aux essais de culture des turneps à Rochester[2], provient d'os dissous par l'acide, comme l'atteste l'analyse.

La difficulté qu'éprouvent les cultivateurs à se procurer des os dissous de qualité pure dans le commerce, les conduit à acheter de la cendre d'os et de l'acide sulfurique pour fabriquer eux-mêmes le produit. Outre que cette fabrication est incommode, qu'elle exige des soins pour obtenir le maximum de phosphate soluble, et qu'elle

1. *Annual report*, etc., *for* 1879. 1880. — Id. *for* 1880. 1881.

2. *Results of experiments carried out at Rochester*, etc. — *Journ. Roy. Agric. Soc. of England*. 1881.

TABLEAU CLV. — Composition d'os préparés et d'engrais phosphatés.

	OS DISSOUS.			CENDRES D'OS DISSOUTES.			PHOSPHATES D'OS PRÉCIPITÉS.				
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Eau	22.40	11.85	11.85	32.80	5.65	6.20	28.75	16.90	30.20	22.51	16.87
Matière organique et eau combinée	17.95	20.61	28.90	0.13	3.51	31.50	8.25	21.45	»	»	5.01
Sels ammoniacaux	»	»	»	»	»	»	»		»	»	
Biphosphate de chaux	13.42	6.59	13.08	18.49	19.64	14.72	»	14.50	»	»	»
Égal à phosphate tribasique de chaux	(21.02)	(10.11)	(20.48)	(28.80)	(30.65)	(23.05)	(68.63)	»	(52.04)	(66.58)	36.28
Phosphates insolubles	7.91	5.94	18.05	6.43	0.86	15.69	»	13.75	»	»	»
Acide phosphorique	»	»	»	»	»	»	31.44	»	23.83	30.50	»
Chaux	»	»	»	»	»	»	29.80	»	34.52	40.65	4.65
Sulfate de chaux				38.39	64.96			19.40			»
Magnésie, fer, alumine	34.35	47.62	24.27	»	»	27.74	1.76	»	9.92	6.15	»
Sels alcalins				1.94	1.83			9.45			•
Chlorure de calcium	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	31.75
Matière siliceuse insoluble	3.84	7.39	3.85	1.82	3.55	4.15	»	4.55	1.53	0.19	5.47
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Azote pour 100	0.71	0.65	1.93	»	»	2.52	»	2.14	•	»	»
Égal à ammoniaque	0.86	0.79	2.34	»	»	3.06	»	2.61	»	»	•

TABLEAU CLV. — Composition d'os préparés et d'engrais phosphatés (*suite*).

	ENGRAIS D'OS (COMMERCIAUX).						NITROPHOSPHATES.		
	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
Eau	20.19	25.04	21.04	20.42	9.28	12.15	16.20	17.29	12.08
Matière organique et eau combinée	21.61	15.28	19.75	13.74	31.23	18.14	29.72	9.15	26.06
Sels ammoniacaux	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Biphosphate de chaux	0.74	»	»	»	»	17.62	13.27	»	»
Égal à phosphate tribasique de chaux	(1.17)	34.10	47.72	48.01	45.49	(27.59)	(20.78)	1.61	0.96
Phosphates insolubles	»	»	»	»	»	9.65	4.41	»	»
Acide phosphorique	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Chaux	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Sulfate de chaux	47.67	13.44		6.43				20.49	45.97
Magnésie, fer, alumine	4.47		7.27		9.32	32.45	26.49	4.66	2.20
Sels alcalins	0.78	4.01		3.22				2.85	»
Chlorure de calcium	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Matière siliceuse insoluble	4.54	8.13	3.72	8.13	4.68	9.99	3.91	43.95	12.73
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Azote pour 100	1.11	1.37	1.95	1.34	3.54	1.07	1.42	0.49	1.09
Égal à ammoniaque	1.34	1.66	2.40	1.62	4.29	1.29	1.72	0.59	1.32

coûte plus cher au fermier qui achète l'acide qu'au fabricant qui produit ce même acide, il convient de faire observer que le phosphate soluble extrait des phosphates minéraux, tels que coprolithes, phosphorites et guanos divers, lui coûterait meilleur marché que celui tiré des os. Quoi qu'il en soit, du moment où le cultivateur tient à préparer lui-même l'engrais d'os le mieux approprié à ses récoltes, il peut opérer plus économiquement de la manière suivante[1] :

En premier lieu, il humectera d'eau aussi complètement que possible la cendre d'os; au besoin, il emploiera de l'eau chaude ou bouillante. La cendre d'os étant presque toujours sèche et imprégnée de matière grasse, l'imbibition exigera un certain temps. Aussi, après l'avoir laissée pendant 6 ou 8 heures dans moitié de son poids d'eau, et l'avoir plusieurs fois brassée, dans l'intervalle, devra-t-il ajouter encore de l'eau, la cendre pouvant en absorber en 12 heures près des deux tiers de son poids. Le lendemain, le mélange s'opérera à raison de 1 partie de cendre d'os imbibée d'eau avec 2 ou 3 parties de superphosphate minéral acheté sur titre garanti en phosphate soluble. Mis en tas , le mélange, au bout de 24 heures, entre en fermentation avec développement de chaleur et la cendre d'os se désagrège de manière à être plus efficace comme engrais. Retourné après trois ou quatre semaines, le superphosphate d'os ainsi obtenu constitue un engrais moins coûteux et d'une action plus efficace que celui acheté chez les marchands d'engrais.

L'analyse n° 4 se réfère à un engrais de cendres d'os, dissoutes par l'acide sulfurique, appliqué par Vœlcker dans ses expériences de culture des navets de Suède[2]; et l'analyse n° 5, à un engrais obtenu en traitant 100 kilogr. de cendres d'os du commerce par 70 kilogr. d'acide sulfurique, puis en mélangeant le tout avec 50 kilogr. de sulfate de chaux[3]. Ces deux superphosphates, d'excellente qualité, ne renferment pas d'ammoniaque à l'état de sels, et seulement des traces d'azote. Dans les expériences de culture des navets

---

1. *Annual report for* 1873. 1884.
2. *Experiments upon Swedes,* juin 1858.
3. *Experiments upon Swedes,* juin 1861.

de Suède, poursuivies à Woburn en 1880, la farine d'os dissoute, analysée sous le n° 6, a été également préparée dans la ferme [1].

Phosphate d'os. — L'analyse n° 7 s'applique à la composition d'un phosphate d'os précipité, obtenu dans une fabrique de colle forte du Cheshire et livré au prix de 125 fr. les 1000 kilogr. Ce phosphate, pour la culture des navets de Suède, a donné les mêmes résultats que la farine d'os dissoute n° 6. Un échantillon commercial de phosphate d'os *azoté,* de date bien antérieure, livré par la compagnie des engrais du Cheshire, est analysé sous le n° 7 ; il se vendait au prix de 210 fr. la tonne [2].

On sait que pour la fabrication de la colle, nombre d'usines substituent à l'ébullition pour enlever la gélatine des os, le traitement par l'acide chlorhydrique étendu d'eau à froid, qui dissout les parties minérales des os. En ajoutant aux liqueurs acides, chargées de phosphate d'os, de la chaux éteinte, ou du carbonate de soude, jusqu'à ce que l'acide libre soit neutralisé, les phosphates se précipitent à l'état de dépôt volumineux, que l'on peut laver en partie et sécher. Le phosphate d'os ainsi préparé est un précieux engrais facilement assimilable par les plantes; il est sous forme de poudre légère et sèche, et renferme de 70 à 80 p. 100 de phosphate tribasique de chaux pur.

L'addition de chaux produisant du chlorure de calcium qui reste dans la dissolution, il est très difficile par lavage d'en débarrasser complètement le précipité. Aussi le phosphate précipité renferme-t-il toujours plus ou moins de ce chlorure déliquescent. Il renferme également du carbonate de chaux qui provient de ce que l'on ajoute presque toujours plus de chaux qu'il n'en faut pour saturer l'acide libre, et la chaux qui se dépose en même temps que le phosphate se change en carbonate intimement mélangé.

Les analyses 9, 10 et 11 donnent la composition de phosphates ainsi précipités, mais le n° 11 se réfère à un produit très inférieur à cause de l'abondance du chlorure de calcium qui nuit à la végétation [3].

1. *Field experiments upon Swedish turnips,* 1881. 1883.
2. *Fabrication et emploi des phosphates de chaux,* etc. 1864.
3. *Solubility of phosphatic materials.* 1868.

Engrais d'os. — Divers engrais, vendus sous le nom d'*engrais d'os,* sont analysés sous les nos 12 à 17.

L'engrais 12, qui ne renferme que 1 p. 100 de phosphate de chaux et 1 p. 100 d'azote, avec 20 p. 100 d'eau, est un mélange de plâtre et de matière organique imprégnée d'acide sulfurique représentant une valeur de 40 à 50 fr. la tonne [1]. Les engrais 13, 14 et 15, fournis par les résidus des fabricants de colle forte de Frodsham (Cheshire), sont de qualité courante, mais trop humides; le n° 13 a été additionné de sulfate de chaux, de sel et de plâtre, et le n° 15 contient plus de sable que de besoin. La valeur de ces engrais peut être établie, d'après leur composition, à 125, 168 et 158 fr. la tonne. La cendre d'os qui forme l'engrais n° 16, sans être bien épurée, est de bonne qualité, et représente une valeur de 200 fr. par tonne [2]. L'engrais n° 17 est un spécimen d'excellent engrais d'os, livré au prix beaucoup trop bas de 110 fr. la tonne [3].

Nitro-phosphates. — Les nitro-phosphates ou phosphates azotés, analysés sous les nos 14, 15 et 16, montrent à quel point un nom générique peut s'appliquer à des produits de composition, de valeur et d'efficacité diverses. Le n° 14, qui constitue un engrais de bonne qualité, s'est vendu au-dessous de 100 fr. la tonne quoique tenant plus de 1.5 p. 100 d'ammoniaque et 13.27 de phosphate soluble [4]; tandis que le n° 15, livré par la compagnie Cérès, Stratford, au prix de 200 fr. ne renferme que 1.5 p. 100 de phosphate et moins d'ammoniaque que le fumier ordinaire, outre 44 p. 100 de sable [5]. De même, le nitro-phosphate n° 16, recommandé comme le précédent pour la fumure des prairies, était vendu par la compagnie d'engrais South London au prix de 130 fr., quoique ne renfermant pas 1 p. 100 de phosphate insoluble, ni $1^1/_2$ p. 100 d'ammoniaque [6].

1. *Report of the chemical committee for March* 1870. 1870.
2. *Annual report of the consulting chemist for* 1870. 1871.
3. *Annual report,* etc., *for* 1881. 1882.
4. *Annual report,* etc., *for* 1881. 1882.
5. *Annual report,* etc., *for* 1877. 1878.
6. *Annual report,* etc., *for* 1883. 1884.

D. — *Engrais spéciaux.*

Engrais à blé. — Les engrais à blé, nos 1 et 2, tableau CLVI, ont servi à Vœlcker dans ses expériences sur différentes fumures en couverture pour le froment, en 1859 et en 1862. Le no 1, fourni par la fabrique Proctor de Bristol, est un excellent engrais renfermant 7 p. 100 d'ammoniaque à l'état de sulfate (10.97), et de matière azotée soluble (8.08), plus, du phosphate à l'état soluble et insoluble et du sel marin. L'engrais no 12 s'est montré également très efficace, quoique moins azoté que le précédent. Ils renferment tous deux peu de matière siliceuse insoluble[1].

L'engrais no 3, fourni par l'usine de Bristol (West of England Co), est riche en matières azotées en ammoniaque, et en phosphate soluble et insoluble, mais bien trop humide[2].

L'engrais no 4 représente un mélange de superphosphate et de nitrate de soude, convenant à la fumure du blé en couverture, que le fermier eût pu faire lui-même sans recourir au fabricant d'engrais[3].

L'engrais à blé et prairie (no 5) est un excellent engrais et bon marché à 237 fr. la tonne[4].

L'engrais à blé d'Ilminster (no 6), vendu à 200 fr. la tonne, est de qualité inférieure pour l'emploi en couverture ; outre son degré d'humidité, il renferme seulement 3 p. 100 d'ammoniaque[5].

Engrais dits artificiels. — L'engrais artificiel no 7, en raison de sa teneur en ammoniaque fournie par la matière organique, et en phosphate soluble, était vendu à bas prix à 200 fr. la tonne[6].

Les engrais 8 et 9 ont été obtenus par le même mélange de sulfate d'ammoniaque, de superphosphate concentré, de poudre d'os et de nitrate de soude : le no 8, livré par une fabrique d'engrais au prix de 325 fr. la tonne, et le no 9 fabriqué sur la ferme même au prix

1. *Experiments with different top-dressings upon wheat.* 1860 et 1862.
2. *On the value of artificial manures,* etc., 1855.
3. *Annual report of the consulting chemist for* 1878. 1879.
4. *Annual report of the consulting chemist for* 1880. 1881.
5. *Fabrication des phosphates de chaux,* par A. Ronna. 1864.
6. *Annual report for* 1875. 1876.

TABLEAU CLVI. — Analyses de divers engrais spéciaux.

	ENGRAIS A BLÉ.						ENGRAIS ARTIFICIELS.						PHOSPHO-GUANOS.			
	Proctor. 1.	2.	Bristol. 3.	et à prairie. 4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
Humidité	13.60	12.36	32.80	16.01	12.15	20.26	10.23	11.51	8.71	11.3	21.65	16.01	11.81	15.42	10.07	13.06
Eau combinée	»		»	4.52	»	»						»	»	»	»	»
Matière organique soluble et sels ammoniacaux	19.05	22.35	12.44	»	34.81	16.11	22.65	29.73	21.49	21.1	19.65	23.54	10.35	3.85	16.97	3.65
Matière organique insoluble	14.72		15.34	»												
Biphosphate de chaux soluble	3.51	2.91	6.47	10.97	10.32	3.69	18.91	11.09	8.08	9.5	11.06	9.89	11.88	15.22	9.89	11.75
Égal à phosphate tribasique soluble	(5.52)	(4.54)	»	(17.17)	(16.15)	»	(29.60)	(17.52)	(12.66)	(15.0)	(17.31)	(15.48)	(18.54)	(23.74)	(15.42)	(18.83)
Phosphate insoluble	9.45	6.97	12.60	5.59	6.90	6.10	12.05	17.63	16.15	4.2	9.59	5.03	29.32	24.41	37.61	39.33
Chaux; sulfate	19.73	20.89	11.43	37.51		28.21				24.0			25.47	32.13	16.98	23.17
Magnésie ; sulfate	0.61	1.26	0.02	20.71	31.89	»	32.06	25.25	40.66		31.26	39.30	0.86	»	»	»
Sels alcalins	»	»	»			22.36				10.4			4.77	1.87	3.13	1.76
— Chlorure de sodium	16.84	21.70	»	»	»		»	»	»				»	»	»	»
— Nitrate de soude	»	4.63	»	(18.21)	(2.24)		»	(1.20)	(14.61)	15.5	»	»	»	»	»	»
Matière siliceuse insoluble	2.16	3.93	5.29	4.69	3.90	3.27	4.10	4.79	1.91	3.0	6.79	6.23	5.51	7.10	5.35	7.28
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Azote pour 100	5.85	3.38	4.21	»	4.58	»	1.63	4.02	4.91	1.33	1.58	2.14	.09	0.40	2.12	0.32
Égal à ammoniaque pour 100	7.10	4.10	5.15	»	5.56	3.05	2.02	4.88	5.96	1.62	1.92	2.59	2.34	0.49	2.57	0.38
Phosph. p. 100 calculé à l'état tribasique.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	52.79	53.48	56.13	65.15

de 230 fr. Bien que renfermant 5 p. 100 en moins de phosphate soluble et 1.5 p. 100 en moins de phosphate insoluble, l'engrais n° 9 préparé par le fermier, en raison de sa teneur de 1 p. 100 plus élevée en ammoniaque et de 13 p. 100 en nitrate de soude, est de beaucoup le plus riche tout en offrant une économie de 100 fr. par 1000 kilogrammes[1].

L'engrais n° 10 renfermant 6.5 p. 100 de sulfate d'ammoniaque et près de 10 p. 100 de phosphate soluble, est à un bon prix à 150 fr. la tonne, Vœlcker l'a analysé comme engrais fabriqué sur commande pour établir la différence de composition avec l'engrais effectivement livré[2].

L'analyse de l'engrais n° 11 figure seulement pour montrer qu'au prix de 290 fr. auquel il était vendu, il était payé 100 fr. trop cher[3].

L'analyse n° 12 correspond à un engrais pour couverture, d'une valeur de 135 fr. la tonne, vendu à 200 fr.[4].

Phospho-guano. — Vœlcker a donné quatre analyses de phospho-guanos nos 13 à 16 qu'il a employés comme engrais dans ses expériences de culture des navets de Suède (1858). Ces guanos se distinguent des autres fertilisants par leur teneur élevée en phosphates, dont une forte proportion est rendue soluble par l'acide sulfurique. Les phosphates insolubles, formés de deux équivalents de chaux pour un d'acide phosphorique, au lieu de trois pour un comme dans le phosphate d'os ordinaire, font de cet engrais, qui dose jusquà 2.5 p. 100 d'ammoniaque, un précieux fertilisant. Les engrais nos 14 et 16, bien que dosant peu d'azote relativement aux autres, ont une teneur plus élevée en phosphate soluble, immédiatement disponible.

Engrais à turneps. — Dans le tableau CLVII sont groupées les analyses de divers engrais, dits à turneps, pour lesquels l'industrie des superphosphates est activement employée en Angleterre.

L'engrais n° 1, fabriqué d'après le brevet Binn et mis en expérience par Vœlcker comme les phospho-guanos pour la culture des navets de Suède (1858), renferme beaucoup de sable et de carbonate

1. *Quarterly report for July* 1878. 1880.
2. *Quarterly report for December* 1879. 1880.
3. *Annual report for* 1880. 1881.
4. *Quarterly report for* 1881. 1882.

de chaux, ainsi qu'une trop forte quantité de sel marin ; mais il a donné des résultats comparables à ceux du meilleur guano du Pérou.

TABLEAU CLVII. — Composition d'engrais spéciaux, dits à turneps.

	ENGRAIS A TURNEPS.						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Eau	25.61	15.16	15.66	14.20	14.40	15.35	11.70
Sulfate d'ammoniaque	»	8.61	»	»	»	»	»
Matière organique soluble	20.15	9.25	20.41	19.60	15.22	20.60	20.62
— — insoluble		11.13					
Biphosphate de chaux	»	4.99	7.36	9.51	13.16	10.93	5.37
Égal à phosphate tribasique	»	(7.79)	»	(14.90)	(20.61)	(17.11)	(8.40)
Phosphate insoluble	3.74	16.48	11.52	11.10	12.35	10.01	14.70
Oxydes de fer et alumine		»	»	»	»	»	»
Sulfate de chaux	1.67	19.26	36.02				
Carbonate de chaux	15.47	»	»	36.58	39.27	35.94	
Sels alcalins	»	12.55	6.25				38.91
Chlorure de sodium	9.35	»	»	»	»	»	
Magnésie	0.40	»	»	»	»	»	
Matière siliceuse insoluble	23.61	2.51	2.78	9.01	5.60	7.11	8.70
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Azote p. 100	0.85	1.83	1.85	0.84	1.41	0.93	0.89
Égal à ammoniaque	1.03	3.91	3.95	1.02	1.71	1.13	1.08
Nitrate de soude	»	»	»	0.30	»	»	»

L'engrais n° 2, employé également dans les essais de culture des navets (1861), s'est montré bien supérieur au précédent, bien qu'appliqué à moindre dose ; son prix était de 200 fr. la tonne, tandis que celui de l'engrais n° 3, livré par Griffin de Wolverhampton, était de 175 fr.

Les engrais 4, 5 et 6 représentent, selon les analyses, des engrais de bonne qualité, vendus à leur prix, entre 175 et 190 fr. la tonne[1].

L'engrais n° 7, d'une composition inférieure par rapport aux précédents, ne saurait être estimé à plus de 100 fr. par tonne[2].

V. — Valeur des engrais.

« Il y a une quarantaine d'années, la fabrication et la vente des « engrais faisaient plutôt l'objet de spéculations hasardées que d'af-

1. *Annual report*, etc., *for* 1880. 1881.
2. *Annual report*, etc., *for* 1882. 1883.

« faires bien ordonnées. Les hommes sérieux se refusaient pour la « plupart à aventurer leurs capitaux et à user de leur intelligence « dans des opérations aussi peu connues, de telle sorte que les mé- « langes fertilisants, indignes de ce nom, étaient de règle, et les « engrais bien préparés et d'une valeur réelle formaient l'excep- « tion [1]. »

C'est vers cette date que Vœlcker, un des premiers, Way, Andersen, Nesbit et quelques autres chimistes chargés des analyses par les Sociétés agricoles et les cultivateurs, publièrent les tables de prix courants d'après lesquelles pouvaient s'évaluer les éléments utiles des engrais, afin de mettre un terme aux fraudes dont les agriculteurs étaient les victimes. Peu à peu ceux-ci commencèrent à apprécier les services rendus par les chimistes, et la publication des listes de prix servant à établir la valeur des engrais, ne tarda pas à imprimer à l'industrie et au commerce un caractère d'honorabilité qui leur a rallié des hommes distingués par l'esprit d'entreprise autant que par leurs connaissances commerciales et agricoles.

Si les prix courants ont eu leur utilité au début, et peuvent servir encore à limiter les fraudes en livrant une valeur vénale relative des divers engrais, aujourd'hui que la fabrication s'est développée démesurément et que les conditions du marché se sont complètement modifiées, il est difficile de les employer à un calcul exact de la valeur intrinsèque, et encore moins, de la valeur agricole, des engrais soumis à l'analyse.

La valeur, dans un engrais, de l'azote à l'état d'ammoniaque, n'est pas plus facile à déterminer, à moins de convenir d'un prix moyen unique, que celle du phosphate soluble de chaux, qui dépend en partie de la source d'où il provient, et des matières avec lesquelles il est associé.

Ainsi, quoique le phosphate soluble soit produit à moins bon compte quand on traite des os au lieu de phosphates minéraux, on continue à fabriquer des superphosphates d'os parce qu'ils donnent pour la culture des turneps, dans les terres légères, de meilleurs ré-

1. *Commercial value of artificial manures.* 1862.

sultats que les superphosphates préparés avec des coprolithes, ou avec tout autre phosphate minéral.

Il y a donc, en dehors de la question de teneur en phosphates solubles et insolubles, une valeur spéciale attachée à la provenance.

Un superphosphate contenant de 15 à 18 p. 100 de phosphate soluble, 15 p. 100 de phosphate insoluble à l'état d'os, et 2 p. 100 d'azote, pourrait être obtenu à bien meilleur prix en fabriquant le phosphate soluble à l'aide de coprolithes, et en mélangeant ce superphosphate avec de la poudre d'os et des matières azotées. Mais comme le superphosphate d'os est plus efficace pour la culture, et qu'il coûte davantage, il a une valeur commerciale plus élevée, et par conséquent le phosphate soluble y vaut plus cher que dans l'engrais composé qui aurait pu lui être substitué.

On peut, par le mélange des matières phosphatées, obtenir des superphosphates titrant jusqu'à 28 et 30 p. 100 de phosphate soluble (c'est-à-dire de phosphate tribasique rendu soluble par l'acide); mais si l'on recherche un titre plus élevé, il faudra recourir à des procédés de fabrication plus compliqués et dispendieux, c'est-à-dire que, au delà d'un certain dosage, le phosphate soluble acquiert plus de prix.

D'ailleurs, aussi bien pour le phosphate soluble que pour les autres éléments de l'engrais, les prix variant constamment d'après l'offre et la demande, le consommateur trouvera pour s'approvisionner économiquement une meilleure garantie dans la concurrence que se font les industriels honorables, que dans les tableaux de prix courants établis par les chimistes et sujets à des variations incessantes.

Dans les analyses commerciales des engrais et les calculs auxquels elles donnent lieu, on néglige trop souvent l'état de combinaison et la condition physique sous lesquels les phosphates insolubles et l'azote sont présents.

L'azote peut se trouver à l'état de sel ammoniacal, de nitrate de soude, d'acide urique, ou de matière azotée dans la laine, les débris de poissons, les rognures de peaux, de cornes, etc. Sous ces nombreuses formes, l'azote a une valeur commerciale et agricole différente, et il serait absurde de calculer l'azote au même prix, à ces divers états.

De même, le phosphate insoluble dans les os concassés à $^1/_4$ de pouce coûte plus cher, étant plus efficace, que dans les os d'un $^1/_2$ pouce. La poudre d'os est à un prix encore plus élevé. Le phosphate insoluble non converti par l'acide, dans un superphosphate d'os, a plus de valeur que celui de la poudre d'os. Pour les racines, le phosphate insoluble du noir animal, des coprolithes, des apatites, offre une valeur bien plus réduite. Dans le guano du Pérou et quelques autres guanos phosphatés, les phosphates insolubles, à cause de leur extrême division, ont une valeur double de celle des phosphates d'os. C'est pourquoi la valeur argent des phosphates, dans un engrais à turneps, peut s'élever de 50 fr. à 200 et 300 fr. la tonne.

D'autres considérations pratiques exercent une influence sur la détermination du prix d'un engrais, notamment son état physique. Un engrais en poudre fine, sèche, et de composition homogène, ne s'obtient que par un surcroît de dépenses dont le chimiste aurait à tenir compte s'il veut encourager la fabrication des engrais bien préparés. L'engrais est-il assez sec pour pouvoir être uniformément distribué? Est-il en poudre fine ou grossière, ou en grumeaux? A-t-il une composition homogène? Les ingrédients qui le composent sont-ils dans le rapport voulu pour atteindre le but spécial de l'engrais? Quelles sont les facilités dont dispose telle localité à laquelle l'engrais est destiné, pour se procurer des engrais? etc., telles sont les questions qu'un calcul sur des prix courants ne permet pas de résoudre ou de faire entrer en compte dans l'évaluation des engrais.

L'état de concentration ou de dissémination des principaux éléments de fertilité dans un engrais, doit également influer sur son prix. Le coût de l'azote dans le guano ne peut être le même que dans la poudrette ou le fumier, dont le volume est bien plus considérable.

Enfin, il n'est fait aucune bonification pour les peines et soins que tel fabricant a pris, avant d'arriver à une bonne formule d'engrais, ni pour compenser ses essais et ses recherches sur les diverses matières qui le composent.

Le but des observations présentées par Vœlcker est de montrer que le chimiste ne peut pas donner une évaluation rigoureuse de l'engrais, en se guidant seulement d'après l'analyse et un prix courant

des diverses matières fertilisantes. L'état du marché et de l'industrie, les conditions de fabrication et d'application des engrais, etc., dont la notion implique, de la part du chimiste, des connaissances agricoles et commerciales étendues, et du jugement, afin de tenir une juste balance entre le producteur et le consommateur, influent autant sur la détermination de la valeur des engrais, que le dosage quantitatif des éléments. Ce qui ne veut pas dire qu'il est inutile de soumettre les engrais à l'analyse chimique. Au contraire, sans une analyse exacte, il est impossible d'arriver même à une estimation approximative d'un engrais. L'analyse est et demeure le seul moyen pour servir de base aux transactions entre vendeurs et acheteurs, mais à condition qu'elle ne soit pas interprétée exclusivement dans un but commercial à l'aide de coefficients purement mathématiques.

C'est en 1870, sur la proposition du comte de Lichfield, que le Conseil de la Société royale d'agriculture d'Angleterre vota une décision, en vertu de laquelle le chimiste-conseil de la Société devait présenter désormais, en mars et en décembre de chaque année, un rapport sur les divers engrais et aliments du bétail, soumis à l'analyse par les membres de la Société : ce rapport, portant la désignation des vendeurs, devait être avec l'avis du conseil publié par les journaux agricoles.

Le Conseil assumait ainsi une grande responsabilité, étant donnés le caractère de la législation anglaise en matière de diffamation et l'absence d'un procureur chargé de poursuivre les délits en vue de l'intérêt public. Aussi, plus d'une fois eut-il à payer les frais de coûteux procès pour les publications faites dans les journaux, des analyses du D^r Vœlcker. Les membres de la Société et des autres associations agricoles n'en ont pas moins unanimement approuvé la conduite du Conseil dont l'effet sur une certaine classe de fabricants et de vendeurs a été de restreindre le trafic de mélanges fertilisants de qualité inférieure, ainsi que d'engrais et d'articles de nourriture du bétail, falsifiés ou vendus sous de fausses appellations[1].

1. *The Royal Agricultural Society of England by Jenkins. Journal,* id., vol. XIV, 1878.

Une autre conséquence de la mesure prise par le Conseil et de la publication des rapports semestriels du chimiste, a été d'accroître le nombre des analyses demandées au laboratoire par les membres de la Société.

De 1870 à 1883, le nombre d'analyses exécutées au laboratoire de Vœlcker pour les membres de la Société s'est, en effet, élevé de 580 à 1,453 dans l'année. Ce dernier chiffre, consigné dans le dernier rapport annuel que Vœlcker ait publié, comprend 381 analyses de superphosphates et autres engrais composés et 465 analyses de tourteaux[1].

Dès 1867, le Conseil de la Société ordonnait la publication des instructions rédigées par le chimiste consultant pour la prise et l'envoi des échantillons d'engrais, de sols, d'eaux, de marnes et calcaires, de tourteaux et d'autres aliments, à soumettre à l'analyse. Nous jugeons inutile de rapporter ici ces instructions qui ont servi de base à celles généralement en usage auprès des stations agronomiques. En 1870, le Conseil adoptait, en outre, un type de formules à faire signer par les vendeurs d'engrais et de nourritures, spécifiant les noms et adresses du vendeur, les quantités à livrer, le délai de livraison, la date de l'achat, en même temps que la garantie du dosage des divers éléments et de la qualité, à vérifier sur échantillons prélevés et cachetés en présence des parties. Dans cette formule, se trouve également fixé le prix par kilogramme de chaque élément, pour le cas où l'analyse indiquerait que le taux n'est pas celui garanti par le vendeur[2].

Malgré les efforts de la Société royale pour réprimer les abus et malgré les rapports signalant les fraudes sur la qualité, la valeur et le prix des matières fertilisantes livrées par le commerce, Vœlcker croit devoir encore, en 1883, faire appel aux agriculteurs membres de la Société pour les engager à soumettre les engrais qu'ils achètent à l'analyse, lorsque même la composition leur paraît suffisamment garantie. Il insiste sur ce point que, la garantie portant presque toujours sur deux chiffres, soit de 5 à 7 p. 100 d'ammoniaque, par

1. *Annual report of the consulting chemist for* 1883. 1884.

2. *Quarterly report of the chemical committee for December* 1870. 1871.

exemple, ou de 10 à 15 p. 100 de phosphate soluble, le vendeur ne se considère engagé que par le chiffre minimum. Or, l'écart entre les deux taux, qui excède parfois 40 fr. par tonne, vaut bien la peine, pour le cultivateur, d'être analytiquement déterminé ; d'autant plus que pour nombre d'engrais vendus sur titre garanti par les industriels honorables, notamment pour les superphosphates, il est facile d'obtenir une diminution de prix correspondant au dosage qui ferait défaut, lors de la réception de l'engrais.

Méthodes d'analyse. — Nous avons réservé comme conclusion de ce paragraphe, les procédés analytiques suivis au laboratoire de Vœlcker ; ils n'ont d'intérêt, suivant ce que Vœlcker a lui-même écrit, que pour témoigner de l'exactitude des analyses elles-mêmes ; car aujourd'hui, notamment pour le dosage exact de l'acide phosphorique, la méthode de Schlœsing, et pour le dosage rapide du même acide, la méthode modifiée de Sonnenschein par le molybdate d'ammoniaque, et celle de Fresenius, Neubauer et Lücke, à l'aide du citrate d'ammoniaque, ont remplacé presque partout les anciens procédés que Vœlcker a appliqués et décrits comme il suit, d'une part pour les sols, et d'autre part pour les engrais. Nous complétons par la description qu'il a donnée des essais de cendre d'os, des coprolithes et des fumiers[1].

Dosage de l'acide phosphorique dans un sol. — Le dosage exact de l'acide phosphorique dans un échantillon de sol est facile, pourvu qu'on observe les précautions nécessaires en suivant la méthode connue sous le nom de dosage par le molybdate d'ammoniaque que Vœlcker a décrite dans les termes suivants[2]:

On prend 6 grammes, ou mieux 12 grammes du sol à l'état sec, finement pulvérisé que l'on met digérer pendant une heure environ dans 100 grammes d'acide nitrique pas trop concentré. La solution acide est filtrée et les eaux de lavage de la partie insoluble du sol restée sur le filtre étant mélangées avec la solution, on concentre le tout par évaporation pour réduire à un faible volume. Pendant la

1. *Fabrication et emploi du phosphate de chaux en Angleterre,* par A. Ronna. *Journ. d'agric. pratique,* 1864.

2. *On the causes of the benefits of clover as a preparatory crop for wheat;* juillet 1868.

concentration, on verse un large excès de molybdate d'ammoniaque en ayant soin que la solution reste fortement acide.

Si le sol contient beaucoup d'acide phosphorique, il se forme aussitôt un précipité jaune vif, composé d'acide molybdique et d'acide phosphorique ; si le sol ne renferme que des traces d'acide phosphorique, le précipité n'apparaît que dans le liquide concentré, lorsque le grand excès d'acide nitrique a été chassé par l'évaporation.

Le précipité jaune contenant la totalité de l'acide phosphorique du sol, de l'acide molybdique avec un peu de silice et souvent un peu d'oxyde de fer, est jeté sur un filtre et lavé à l'aide d'une solution de molybdate d'ammoniaque fortement acidifiée par l'acide nitrique, jusqu'à ce qu'une goutte, quittant le filtre, cesse de donner la réaction du fer par une solution de prussiate jaune de potasse. On dissout alors le précipité sur le filtre dans un excès d'ammoniaque, et dans la liqueur ammoniacale on précipite l'acide phosphorique à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien par une solution ammoniacale de sulfate de magnésie. Après un repos de 12 heures, le précipité magnésien est réuni sur un petit filtre et lavé à l'eau ammoniacale concentrée. Comme des traces de silice et d'oxyde de fer, en même temps que l'acide phosphorique, sont entraînées dans le précipité magnésien, on le dissout de nouveau dans quelques gouttes d'acide chlorhydrique et on évapore soigneusement la solution acide jusqu'à siccité. Le résidu sec et dur est alors repris par un peu d'acide chlorhydrique ; on ajoute un peu d'eau, et l'on filtre de nouveau. Les traces de silice restent sur le filtre. Dans la liqueur acide filtrée, on ajoute quelques gouttes d'acide citrique pour maintenir toutes traces de fer en dissolution, et on précipite de nouveau par de l'ammoniaque concentrée à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien, l'acide phosphorique exempt cette fois de silice et d'oxyde de fer. Le précipité recueilli sur un filtre, lavé à l'eau ammoniacale, séché, incinéré dans un creuset de platine et pesé à l'état de phosphate tribasique de magnésie, donne par le calcul la quantité d'acide phosphorique avec une grande précision.

Si l'on ne redissout pas le précipité magnésien pour le priver de la silice, on trouve plus d'acide phosphorique qu'il n'y en a dans le sol.

Dosage de l'acide phosphorique des engrais. — Dans les essais commerciaux des engrais, on se borne généralement à la détermination du phosphate tribasique (phosphate des os) par simple précipitation ; mais on obtient ainsi des teneurs plus élevées qu'elles ne le sont en réalité. Il en résulte des différences de 3 à 4 p. 100 qui ne sont pas sans donner lieu à un gros bénéfice pour le vendeur, lorsque l'essai s'applique à un chargement de phosphates, et, par contre, à une perte notable pour l'acquéreur dudit chargement.

Il est sans doute plus commode et plus rapide à la fois de précipiter les phosphates par l'ammoniaque au lieu de doser l'acide phosphorique directement et de calculer la quantité correspondante de phosphate de chaux tribasique ; mais la vérité ne doit pas être sacrifiée à la rapidité de l'essai.

Les recherches que Vœlcker a publiées (*Journal of the Royal Agric. Soc.*, vol. XXI, part. II) sur la différence des résultats fournis par les deux méthodes, méritent d'être rapportées avec quelques détails.

Le savant chimiste a constaté, à la suite de nombreux essais de matières phosphatées, que, dans les circonstances les plus favorables, le précipité ammoniacal de phosphate d'os, non seulement ne contient jamais moins de trois équivalents de chaux pour un équivalent d'acide phosphorique, mais, au contraire, qu'il renferme une certaine quantité additionnelle de carbonate de chaux. Il paraît, en effet, à peu près impossible d'empêcher que du carbonate se précipite en plus ou moins grande quantité sous l'action de l'ammoniaque, surtout dans les solutions chaudes. Quelque précaution que l'on prenne de n'employer que de l'ammoniaque exempte d'acide carbonique et de garantir les phosphates précipités contre l'accès de l'air, on trouve invariablement dans les solutions chaudes plus de chaux qu'il n'en faut pour la quantité de phosphate tribasique calculée d'après la formule, et cela quand bien même on aurait dissous et précipité le phosphate deux ou trois fois de suite. Si, au contraire, on précipite à froid, si l'on redissout les phosphates dans l'acide après avoir lavé à l'eau ammoniacale et que l'on précipite de nouveau à froid par l'ammoniaque pure, la composition du précipité s'accordera avec celle du phosphate tribasique.

Dans les transactions commerciales sur les os, la cendre d'os, le noir, les coprolithes, etc., le vendeur garantit le plus souvent une certaine teneur en phosphate ; mais comme cette teneur peut donner lieu, suivant le mode d'essai suivi, à des contestations plus ou moins fondées, Vœlcker a proposé avec raison de ne garantir que la teneur en acide phosphorique, équivalant, si l'on veut, à tant de phosphate de chaux tribasique.

Il a été démontré pour la première fois, par les analyses de Vœlcker, qu'il y a dans les os, dans leurs cendres, etc., un excès notable de chaux en plus de la quantité contenue dans le phosphate et le carbonate ; ce qui explique pourquoi il faut plus d'acide pour produire une certaine quantité de phosphate soluble qu'il n'est indiqué par la formule théorique du phosphate d'os. Cet excès de chaux qui atteint, dans le phosphate d'os pur, c'est-à-dire chimiquement préparé avec des os, jusqu'à 6 p. 100, ne peut pas être attribué, comme le feraient supposer les recherches récentes du professeur Heintz, de Berlin, au fluorure de calcium. Ce fluorure existe en effet dans les os, mais en proportion tellement faible qu'il est difficile de pouvoir obtenir des traces sur le verre, même d'une grande quantité d'os incinérés.

D'ailleurs Vœlcker a pu constater, par des analyses directes, au point de vue unique du fluor présent dans les os, que la quantité du fluorure de calcium était bien inférieure à 3.52 et à 3.85 p. 100 fixés par Heintz.

Les plaintes journalières des fabricants de superphosphates d'avoir à employer trop d'acide, proviennent des calculs erronés auxquels conduit l'excès de chaux combinée à l'acide phosphorique. En effet, si au lieu de 77 p. 100 de phosphate de chaux comme on peut le supposer, la matière n'en contient que 73, et qu'au lieu de 2 et de 3 p. 100 de carbonate de chaux, il y ait une quantité de chaux proportionnelle à 5 ou 8 p. 100 de carbonate, il faudra évidemment décomposer ce carbonate avant de pouvoir obtenir du phosphate soluble. La théorie de la formation de ce dernier n'est pas en défaut pour cela : il suffit de tenir compte des différences accusées par la pratique.

Essai des cendres d'os. — Dans la méthode décrite par Vœlcker

(*Journal*, etc., vol. XXI, part. II, p. 25 du mémoire), pour l'analyse de la cendre d'os, on dose l'eau et la matière organique comme à l'ordinaire. On fait dissoudre avec soin dans l'acide chlorhydrique, ou mieux dans l'acide nitrique, 1 gramme de matière en poudre très fine ; on évapore la solution au bain-marie jusqu'à siccité. Le pyrophosphate qui pourrait se trouver dans la matière, se transforme ainsi en phosphate tribasique, et la silice soluble qui se rencontre toujours dans la cendre commerciale est rendue insoluble. Le résidu sec est repris par le moins d'acide nitrique possible et on filtre ; on a sur le filtre la matière siliceuse. La solution filtrée est chauffée jusqu'à l'ébullition et précipitée par un excès d'oxalate de potasse ou d'oxalate d'ammoniaque. L'oxalate de chaux tenu en solution par l'acide oxalique libre, se dépose avec le premier précipité d'oxalate de chaux, lorsque l'on neutralise la liqueur par la potasse caustique ou la soude, et que l'on ajoute un excès d'oxalate de potasse ou de soude en faisant bouillir.

Dosage direct de l'acide phosphorique. — L'oxalate de chaux étant recueilli sur un filtre, le liquide filtré et les eaux de lavage sont concentrés et finalement l'on y précipite l'acide phosphorique par du sulfate ammoniacal de magnésie.

Pour empêcher que l'oxyde de fer ou d'alumine qui peuvent se trouver dans la cendre d'os du commerce, ne se précipitent en même temps que le phosphate de magnésie, on ajoute un peu d'acide tartrique à la liqueur, avant de précipiter l'acide phosphorique.

Le précipité de phosphate magnésien est abandonné pendant douze heures avant de le filtrer. Comme on a employé un excès d'oxalate de potasse pour doser la chaux et un excès de sulfate ammoniacal magnésien pour doser l'acide phosphorique, il s'est formé de l'oxalate de magnésie, lequel, après un certain temps, se précipite avec le phosphate magnésien, à moins qu'il n'y ait un fort excès de sels ammoniacaux. C'est pour ce motif que le phosphate de magnésie, partiellement lavé, devra être dissous le plus souvent dans l'ammoniaque, et précipité une deuxième fois. On lave alors la magnésie sur le filtre, avec de l'eau ammoniacale.

Le précipité de chaux contient une proportion variable, négligea-

ble parfois, de phosphate de fer et d'alumine. Dans les essais ordinaires, on néglige le phosphate de fer. Pour les dosages exacts, on dissout le précipité de chaux, après l'avoir pesé, dans l'acide chlorhydrique ; on précipite par l'ammoniaque ; on recueille sur un petit filtre, on lave, on redissout sur le filtre et on précipite enfin à froid. Le phosphate de fer et d'alumine, après lavage, est exempt de chaux. On déduit son poids de celui du premier précipité de chaux obtenu. Pour déterminer l'acide phosphorique du phosphate de fer et d'alumine, on dissout le précipité dans l'acide chlorhydrique : on ajoute un peu d'acide tartrique, puis de l'ammoniaque et on sépare l'acide phosphorique à l'état de phosphate magnésien.

S'il est nécessaire, on détermine à part l'acide carbonique et l'acide sulfurique dans les cendres d'os.

Essai commercial des engrais pour phosphates solubles et insolubles. — Dans la détermination des phosphates solubles et insolubles contenus dans les engrais quelconques, on applique au laboratoire du collège agricole de Cirencester le procédé suivant :

On tamise l'échantillon de manière à obtenir une poussière très fine, dont on met une centaine de grammes à part.

Si, par suite d'humidité, la matière ne peut pas être tamisée, on la fait sécher pendant une demi-heure à une température modérée. Si la matière doit être dissoute par l'acide chlorhydrique, une étuve à air sec suffira.

Cinq grammes de l'échantillon tamisé sont desséchés définitivement à 100° C. Il ne faut pas que la dessiccation se prolonge trop, de crainte que le sulfate de chaux ne perde son eau. Une demi-heure ou trois quarts d'heure suffiront. Deux pesées faites à quelques minutes d'intervalle permettront de constater s'il y a diminution de poids. On a la quantité d'eau, en prenant la différence constatée dans le poids de l'échantillon, avant et après la dessiccation.

Phosphates solubles. — On met, à froid, 2 grammes de l'engrais sec dans un vase à précipité avec 15 grammes d'eau distillée ; on agite bien, on laisse reposer et on filtre ; on mélange de nouveau le dépôt à froid avec 15 grammes d'eau distillée, on laisse reposer, on filtre, puis on épuise une troisième fois de la même manière.

On reprend le résidu avec de l'eau distillée bouillante, 100 gram-

mes environ, on filtre et l'on épuise trois ou quatre fois de suite, en faisant bouillir chaque fois. Plus il y a de phosphate, plus il faut d'eau pour épuiser à chaud afin d'obtenir le plus de sulfate de chaux possible en dissolution. Enfin on lave complètement sur le filtre.

Le liquide filtré est concentré jusqu'à un volume de 200 à 250 centimètres cubes, en ayant soin d'ajouter quelques gouttes d'acide chlorhydrique pour que la solution reste limpide.

On précipite par de l'ammoniaque concentrée, on laisse reposer et on filtre à froid. Le précipité sur le filtre est lavé à l'eau ammoniacale.

Quand le précipité est bien lavé, on le redissout dans un peu d'acide chlorhydrique et on le précipite une seconde fois : on fait sécher, on calcine, on pèse et l'on a la quantité de phosphate de chaux tribasique rendu soluble par l'acide.

N. B. Il est essentiel d'essayer la liqueur filtrée provenant de la précipitation par l'ammoniaque, à l'aide de l'oxalate d'ammoniaque. Un précipité bien net devra aussitôt apparaître, s'il ne paraît qu'à la longue, il faudra recommencer l'analyse; car, dans ce cas, le sulfate de chaux n'aurait pas été dissous en quantité suffisante pour former du phosphate tribasique.

Phosphates insolubles. — La partie de l'engrais insoluble dans l'eau est séchée au bain-marie, calcinée et dissoute dans l'acide chlorhydrique *dilué*. On ajoute de l'eau, on filtre et on précipite par l'ammoniaque *à froid*. On a ainsi les phosphates insolubles.

N. B. L'alumine et l'oxyde de fer, lorsqu'ils ont été calcinés, sont très difficilement solubles dans les acides faibles. Le précipité par l'ammoniaque ne peut contenir que des traces de ces corps. C'est pour cette raison, si l'engrais contient de l'argile, de la brique, de la terre, etc., qu'il faut avoir soin de dissoudre la matière insoluble dans l'eau, dans l'acide chlorhydrique *très dilué,* ou mieux dans l'acide nitrique *dilué,* l'acide faible n'attaquant pas les matières terreuses.

Essai commercial des coprolithes. — L'essai des coprolithes, au laboratoire de Cirencester, se fait comme suit :

Silice. — On pèse 1 gramme de poudre de coprolithes, on le dissout par l'acide chlorhydrique dilué dans un vase fermé, on filtre,

on recueille la matière insoluble que l'on sèche, calcine et pèse. Ce poids indique la proportion des matières siliceuses.

Phosphates. — On précipite la liqueur filtrée par l'ammoniaque, à chaud ; on laisse reposer, puis on décante le liquide clair qui surnage ; on lave le résidu par décantation, deux ou trois fois consécutivement dans le vase à précipité avec de l'eau ammoniacale ; on rassemble enfin sur un filtre et l'on continue à laver jusqu'à parfaite limpidité.

Il y a lieu de répéter ici l'observation sur le peu de solubilité dans l'acide faible de l'alumine et de l'oxyde de fer une fois calcinés.

On redissout le précipité sur le filtre par l'acide chlorhydrique dilué, puis on lave à l'eau froide jusqu'à parfaite propreté du filtre. On précipite à froid par l'ammoniaque ; on lave à l'eau ammoniacale, etc.

Carbonates. — Le liquide, filtré après deux ou trois lavages, est concentré. On prévient tout trouble par l'addition de quelques gouttes d'acide chlorhydrique. On ajoute de l'ammoniaque, on réunit le précipité de phosphate, et dans la liqueur filtrée on précipite la chaux par l'oxalate d'ammoniaque.

Eau. — L'eau se dose, comme il a été dit, en prenant la différence entre le poids de la matière avant et après dessiccation à 100°.

Matières organiques et sels ammoniacaux. — Leur quantité brute est obtenue en incinérant doucement dans une capsule 10 grammes d'engrais. On chauffe peu à peu jusqu'au rouge, jusqu'à ce qu'il ne reste plus que des particules charbonneuses dans le résidu. On laisse refroidir et on pèse. La perte, soustraite de l'eau contenue dans l'échantillon, donne la proportion des matières détruites par la chaleur.

Sels alcalins. — On les calcule par différence.

Essais des fumiers et autres engrais identiques. — Afin de compléter les renseignements analytiques consacrés par une pratique journalière, nous donnons le procédé de dosage du fumier de ferme, comme pouvant s'appliquer à certains engrais composés d'un aspect identique (*Compos. du fumier de ferme, Journal de la Soc. royale d'agric.,* 1856).

Eau. — Sur un mélange soigneusement fait, on prend de 75 à

100 grammes de matière que l'on fait digérer à froid dans un vase à précipité avec environ 50 centimètres cubes d'eau distillée pendant trois ou quatre heures. On filtre à travers de la toile, et l'on fait digérer le résidu de nouveau avec 30 centimètres cubes d'eau. On filtre après quelques heures et on presse le résidu autant que possible ; on répète cette opération jusqu'à ce que l'eau sorte parfaitement limpide à travers le linge. On obtient ainsi (si l'on n'a employé que 75 grammes de matière) environ un litre de liquide. S'il est impossible d'obtenir une liqueur parfaitement claire à travers du papier à filtrer fin, on conserve la solution aqueuse dans un flacon bien bouché pendant trois ou quatre jours, c'est-à-dire tant que le liquide surnageant ne s'est pas clarifié. Alors on siphonne dans un autre flacon et le dépôt est recueilli soigneusement sur un filtre pesé à l'avance. On ajoute le poids de ce dépôt à celui déjà obtenu pour la partie insoluble dans l'eau. On fait dessécher toute la partie insoluble à l'étuve, à 100° C.

Ayant déterminé le poids de la solution liquide, on la fractionne en plusieurs portions pour la détermination des matières solubles. On pèse distinctement trois et quelquefois quatre portions du liquide, et on les évapore séparément, d'abord dans les verres à précipité, puis dans une capsule de platine, au bain-marie. Enfin, on fait sécher la capsule avec son résidu dans l'étuve jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de perte en poids.

Le résidu sec de deux évaporations est incinéré ; et l'on a la proportion des *matières solubles organiques* et *inorganiques*.

Les résidus de la troisième et de la quatrième évaporation, s'il y en a quatre, sont mis à part afin de doser l'azote de la matière soluble.

On détermine de la même manière la proportion des matières organiques et inorganiques dans la partie insoluble de l'engrais.

Pour l'azote, on suit le procédé de Péligot, sans aucune modification.

Pour les cendres des parties solubles et insolubles, on suit la méthode décrite par le professeur Wöhler (*Manuel d'analyses inorganiques,* analyses des cendres de plantes; traduit par L. Grandeau et Troost).

L'ammoniaque libre dans l'engrais se dose par le procédé suivant :

On place dans une cornue à large embouchure de 30 à 60 grammes d'engrais naturel avec 25 centimètres cubes d'eau ; on distille jusqu'à ce que la moitié de l'eau ajoutée ait passé dans le flacon récipient qui communique, d'une part, avec la cornue et, d'autre part, avec l'appareil à boule dont on se sert pour les dosages d'azote. On fait en sorte que les joints de cet appareil ne laissent échapper aucun gaz. Le flacon et l'appareil à boule contiennent de l'acide chlorhydrique. On fait évaporer au bain-marie l'acide, et, d'après le poids du résidu sec, on calcule la proportion d'ammoniaque libre.

A l'engrais humide dont on a distillé l'ammoniaque libre dans la cornue, on ajoute de la chaux vive, un peu d'eau et l'on continue jusqu'à siccité la distillation dont on recueille les produits dans l'acide chlorhydrique, comme ci-dessus.

On verse de nouveau de l'eau distillée sur le mélange dans la cornue, et après quelque temps on filtre sur le papier ; on lave à diverses reprises. Les eaux sont ajoutées au liquide filtré et on fait évaporer le tout.

Dans le liquide concentré, on dose l'acide nitrique comme à l'ordinaire.

VI. — Emploi des engrais.

C'est dans une conférence faite en décembre 1866, au *Farmers Club,* à l'occasion du concours annuel de Smithfield, que Vœlcker a développé ses vues sur le meilleur mode d'emploi et sur le moment le plus convenable d'application des engrais au sol[1]. Envisageant ce sujet souvent débattu sous le rapport théorique et pratique, eu égard aux pratiques différentes des agriculteurs, suivant la composition chimique et les propriétés physiques des terres, des engrais eux-mêmes et les besoins des récoltes, Vœlcker examine tour à tour les questions ayant trait à la manière et à l'époque de la meilleure utilisation du fumier de ferme, du guano, des os, du superphosphate du nitrate de soude et des autres engrais spéciaux.

1. *Central Farmers Club ; a lecture on the best mode and period of applying manure to the Land : Farmers Magazine,* t. XXXI, 1867.

Fumier de ferme. — Le fumier doit-il être employé long et pailleux, ou court et consommé? Doit-il être charrié et enfoui aussitôt en terre, ou bien répandu, et seulement enfoui à la convenance du cultivateur? Faut-il mettre le fumier en petits tas et l'abandonner sur le sol pendant des jours et des semaines, ou bien l'étaler de suite pour le laisser ainsi plus ou moins longtemps exposé à l'air, au soleil, au vent, et surtout à la pluie, lorsque l'humidité de la terre ne permet pas de l'enfouir ? Quelle est la saison la plus favorable pour le transport du fumier, l'automne, le printemps, ou toute autre époque? Pour quelles récoltes de l'assolement doit-on réserver le fumier, lorsque l'on ne dispose pas d'assez de fumier pour toutes, et qu'il y a lieu de recourir à des engrais auxiliaires? Telles sont les questions auxquelles il est répondu de manières bien différentes par les praticiens.

L'étude faite par Vœlcker du fumier de ferme et les expériences qu'il a suivies sur les conditions de sa conservation, l'ont conduit à conclure que le fumier ne perd aucun de ses éléments fertilisants s'il reste exposé à l'air sec et au soleil brûlant ; mais qu'il se détériore rapidement par l'action des pluies. Il en résulte que si l'on transporte le fumier aussitôt que possible sur la terre et qu'on l'y répande, ni l'air, ni le soleil ne l'altéreront ; et s'il pleut, les principes solubles seront lavés dans le sol et emmagasinés à l'état relativement insoluble jusqu'à ce que les plantes en aient besoin.

Lorsque l'engrais, même à l'état frais, est étalé à l'automne ou pendant l'hiver, il est suffisamment décomposé au printemps suivant pour les récoltes mises en terre. Les frais de mise en tas, de main-d'œuvre pour retourner le fumier et les pertes qui s'ensuivent sont évités, en même temps que les charrois se font lorsque les chevaux sont moins occupés et que la terre ne souffre pas autant de leur piétinement. Il n'y a pas de motifs toutefois pour que le fumier ne puisse être convenablement transporté à toute époque de l'année. L'idée qu'ont les cultivateurs de voir les fumiers perdre leur propriété fertilisante, s'ils ne les enfouissent pas immédiatement, n'est pas fondée ; mieux vaudrait les laisser étalés sur la terre que de les enterrer lorsque le sol n'est pas en bonne condition. La pratique de la mise en tas est encore plus défectueuse, car s'il pleut longtemps ou

souvent, c'est seulement sur l'emplacement des tas que les principes solubles seront entraînés dans le sol. Ces emplacements trop abondamment fumés porteront une récolte excessive, et le reste, une récolte médiocre. Il ne faut pas oublier que dans les terres fortes on obtient souvent par le travail de la terre à sec, sans fumier, une meilleure récolte qu'en travaillant en temps humide avec du fumier. Dans les exploitations qui manquent du fumier nécessaire pour toutes les récoltes, le système le plus économique consiste à appliquer des engrais auxiliaires aux racines et à réserver le fumier aussi bien pour les céréales que pour les trèfles et légumineuses en général.

Conformément aux prescriptions scientifiques établies par Vœlcker, les fermiers éclairés appliquent à la terre le fumier fraîchement enlevé des étables et des écuries, lorsque cela est possible, en automne ou en hiver. Le fumier alors a tout le temps désirable pour se consommer sur le sol, et par degrés les principes azotés du fumier se transforment en nitrates dont il se trouvera ainsi une abondante provision au printemps, lorsque la végétation reprend son activité[1].

Engrais concentrés. — Parmi ces engrais, ceux qui sont plus spécialement azotés, tels que guanos, nitrate de soude, sulfate ammoniacal, etc., ne doivent être appliqués qu'à la volée, en mélange avec de l'argile brûlée en poudre, des cendres végétales, ou des cendres de houille tamisées. Répandus à la main ou au distributeur, ils seront enfouis légèrement à la herse. Pour ceux des engrais concentrés qui sont phosphatés, tels que os, engrais d'os, superphosphates, etc., l'application se fera au semoir, en même temps que la semence est mise en terre.

Dans les sols légers ou hors d'état, exigeant de grosses fumures, il est préférable d'appliquer les engrais auxiliaires, en partie au semoir, lors de l'ensemencement, et en partie en couverture.

Engrais ammoniacaux. — Le guano du Pérou, brut et dissous, est largement employé pour les céréales, mais il importe de l'appliquer avec plus de soin qu'on ne fait généralement. Ainsi, il ne devrait être employé qu'après avoir été tamisé mélangé avec

1. *The influence of chemical discoveries,* etc. 1878.

un poids égal de sel marin et un poids double de terre sèche ou de cendres. Le but de l'addition du sel, qui est un bon dissolvant, est surtout d'éviter la perte par poussière des particules ténues de l'engrais. Pour la préparation mécanique du guano, Vœlcker recommande de traiter les grumeaux restés sur le crible, avec environ le double de leur poids de sable fin, d'étendre le mélange sur une aire sèche et de le pulvériser au rouleau, puis, lorsqu'il est en poudre fine, d'y incorporer le sel marin.

Comme le guano ne renferme guère plus de 3/4 à 1 $^1/_2$ p. 100 d'ammoniaque à l'état libre, il est inutile d'y ajouter de l'acide sulfurique pour fixer cette ammoniaque. Toutefois, l'addition de 10 à 15 p. 100 d'acide peut développer utilement pour certaines récoltes l'efficacité du guano. Notamment pour les racines, le guano sulfatisé renferme plus de phosphates à l'état soluble que le guano brut.

Pour éviter cette manipulation incommode du mélange du guano avec l'acide sulfurique, il est préférable de le mélanger avec du superphosphate minéral sec, d'une teneur garantie en phosphate soluble. Une partie de guano ajoutée à trois parties de superphosphate de coprolithes titrant 20 p. 100 de phosphate soluble, constitue un excellent engrais pour les racines. La proportion doit être renversée pour les céréales ; c'est-à-dire 3 de guano pour 1 de superphosphate.

Comme le guano, le sulfate d'ammoniaque est d'un meilleur emploi à l'automne ou en hiver. On doit éviter de les appliquer trop tard au printemps, même sur les terres légères, en vue des céréales. Tous les sols ayant la propriété d'absorber l'ammoniaque des sels solubles que renferment le sulfate d'ammoniaque, le guano et les autres engrais ammoniacaux, on ne court aucun risque à les appliquer en hiver afin d'obtenir des récoltes plus homogènes et plus luxuriantes.

La consommation du nitrate de soude s'est beaucoup accrue par suite de son emploi en couverture pour le blé et l'orge. Un mélange de 250 à 300 kilogr. de superphosphate avec 200 à 250 kilogr. de nitrate est considéré comme une bonne fumure à l'hectare pour l'orge. Associé aux os dissous, ou bien à un compost formé de

guano, de superphosphate et de sel marin, le nitrate convient également très bien pour la culture des racines.

Pour employer le nitrate de soude en couverture, mélangé avec le sel marin, en vue des céréales d'hiver, il faut attendre au printemps. L'état plus ou moins avancé de la saison détermine l'époque qui doit coïncider avec la première pousse printanière. Si le mois de mars s'annonce comme devant être sec, il n'y a pas à hésiter à appliquer le nitrate vers la fin de février ; mais si mars doit être humide, on peut sans inconvénient retarder jusqu'en avril. Les motifs qui justifient cette pratique sont fondés, d'une part, sur l'expérience et, d'autre part, sur le fait qu'aucun sol n'a le pouvoir d'absorber et de retenir les nitrates, qui étant très solubles, sont bientôt entraînés par les pluies en pure perte dans le sous-sol.

Engrais phosphatés. — Certains cultivateurs continuent à employer des os broyés à $^1/_4$ et à $^1/_2$ pouce, bien qu'ils puissent se procurer à meilleur compte des poudres d'os ou des engrais à base d'os, livrés par l'industrie. Même pour les prairies permanentes, les os partiellement dissous par l'acide sont préférables aux os verts. Il est vrai que ceux-ci ont une action plus durable, bien que peu efficace ; toutefois, le but qu'on se propose en appliquant l'engrais n'est pas qu'il reste dans le sol, mais bien qu'il fournisse de bonnes récoltes. Les bénéfices de l'agriculteur, comparés à ceux des autres industries, sont minimes ; aussi importe-t-il que son capital ne s'immobilise pas dans le sol et qu'il rapporte le plus souvent possible. De petits bénéfices souvent répétés constituent pour le cultivateur éclairé le but à atteindre par l'emploi des fertilisants qu'il achète au commerce. Vœlcker recommande en conséquence d'employer, de préférence aux os verts, la poudre d'os traitée par 20 ou 25 p. 100 d'acide sulfurique.

La plus grande partie des engrais fabriqués en Angleterre est appliquée aux cultures de racines. Dans beaucoup de districts, pour les cultures des turneps, des rubatagas et des navets de Suède, on n'emploie pas d'autres engrais que le superphosphate minéral, à raison de 400 à 500 kilogr. par hectare. Sur les argiles froides, en bon état de culture, on obtient, avec 400 kilogr. de superphosphate minéral à l'hectare, une aussi bonne récolte de navets

qu'avec un engrais phosphaté additionné d'éléments organiques ou azotés.

Sur les terres légères cependant, un engrais purement phosphaté ne suffit pas pour produire une bonne récolte de racines. Aussi, recourt-on le plus souvent à l'emploi du phosphate avec une demi-fumure de fumier de ferme. Une fumure d'os dissous, de guano dissous, ou bien d'un engrais composé, renfermant de 2 à 3 p. 100 d'ammoniaque, convient mieux que la fumure au superphosphate minéral, pour les racines cultivées sur les terres légères.

L'ENSEIGNEMENT FORESTIER

EN

AUTRICHE ET EN BAVIÈRE

1° ROYAUME DE BAVIÈRE

Pendant longtemps, en Bavière, l'enseignement forestier a été donné tout entier à l'École spéciale d'Aschaffenbourg ; mais, il y a quelques années, on a agité la question de savoir s'il ne serait pas préférable de la rattacher à une Université, comme cela a été fait à Giessen, pour le grand-duché de Hesse, et à Tubingen, pour le royaume de Wurtemberg. Si la résistance d'une partie de la Chambre des députés n'a pas permis au Gouvernement d'adopter franchement cette solution, du moins il a manifesté des tendances à s'en rapprocher et, à partir de 1878, il a été décidé que l'École d'Aschaffenbourg serait simplement maintenue à titre d'école préparatoire, tandis que l'enseignement technique supérieur serait donné à l'Université de Munich.

Actuellement, tous les candidats au service forestier de l'État bavarois doivent donc commencer leurs études à Aschaffenbourg et les compléter, soit à Munich, soit dans une autre université allemande ou école spéciale assimilée.

ÉCOLE PRÉPARATOIRE D'ASCHAFFENBOURG.

But et organisation. — L'École d'Aschaffenbourg a pour but de donner un premier degré d'instruction aux candidats au service forestier de l'État bavarois ; elle admet également, comme auditeurs libres, un certain nombre d'étudiants qui peuvent y faire des études complètes.

Le personnel enseignant comprend :

1° Le Directeur, qui est spécialement chargé de la partie théorique et pratique de l'enseignement forestier ;

2° Le chef du cantonnement de Kleinostheim, en résidence à Aschaf-

fenbourg, qui prend également part à l'enseignement de l'économie forestière, aux exercices pratiques et aux répétitions ;

3° Un professeur de physique et de topographie ;

4° — de mathématiques ;

5° — de botanique ;

6° — de zoologie ;

7° — de chimie et de minéralogie ;

8° Un assistant qui est attaché à la personne du Directeur et remplit les fonctions de professeur de dessin et celles de bibliothécaire.

Le Directeur a pour mission de surveiller l'application des programmes d'enseignement, de faire observer la discipline, de délivrer les certificats d'étude ; il est aussi chargé de la comptabilité.

Les membres du personnel enseignant, réunis en conseil, statuent sur les questions suivantes : admission des élèves, fixation des époques des examens, composition du jury, appréciation des résultats des épreuves, allocation des bourses, mesures disciplinaires graves. Ils peuvent aussi rédiger, pour les soumettre au ministère, des propositions relatives à l'organisation de l'École, aux programmes d'enseignement, et à toutes autres affaires concernant l'établissement.

Inscription des étudiants. — Pour être régulièrement inscrits, les candidats au service forestier de l'État bavarois doivent présenter, outre les pièces relatives à leur condition sociale, à leur moralité et à leur constitution physique, un extrait de naissance établissant qu'ils n'ont pas dépassé l'âge de 22 ans, et un certificat d'études (classiques ou spéciales) dans un des gymnases de l'Empire allemand ou dans une « Realschule » assimilée à un gymnase.

Il suffit aux élèves libres de fournir une pièce constatant qu'ils sont en état de suivre les cours et de les comprendre.

Aussitôt après leur inscription, tous les étudiants doivent prendre en ville un logement dont ils donnent l'adresse au Directeur ; ils lui notifient également tout changement de domicile.

Durée et nature de l'enseignement. — La durée des cours est fixée à 2 années.

L'année scolaire commence dès la première semaine d'octobre et finit avec la deuxième semaine de juillet, avec 4 semaines de vacances dans l'intervalle, dont 2 à Noël et 2 vers Pâques ; ce qui réduit le travail effectif à 18 semaines environ par semestre.

Les cours théoriques n'ont lieu que cinq jours par semaine ; la durée des leçons ne dépasse jamais *une heure*. Pendant le semestre d'hiver, comme pendant celui d'été, la journée du samedi est entièrement réservée à des travaux pratiques dans les laboratoires ou en forêt ; en outre,

un certain nombre d'excursions comprenant plusieurs journées consécutives peuvent être autorisées par le Directeur et dirigées par lui dans les régions forestières importantes des environs.

Étant donnée la mission essentiellement préparatoire de l'École, les sciences fondamentales y forment le fond même de l'enseignement. Les sciences techniques sont réduites au strict nécessaire ; on les professe surtout en vue de donner aux élèves libres une somme de connaissances à la rigueur suffisante pour gérer des propriétés particulières.

La nature des matières enseignées et le temps consacré à chacune d'elles sont détaillés dans le tableau ci-après :

MATIÈRES ENSEIGNÉES.	NOMBRE d'heures par semaine. 1re ANNÉE. Semestres		NOMBRE d'heures par semaine. 2e ANNÉE. Semestres		NOMBRE DES HEURES consacrées à chaque matière.	OBSERVATIONS.
	I.	II.	III.	IV.		
1. Mathématiques élémentaires	5	3	»	»	144	
2. — supérieures	»	»	2	2	72	
3. Physique	5	4	2	»	198	
4. Chimie inorganique	4	3	»	»	126	
5. — organique	»	»	4	1	90	
6. Botanique	4	4	»	2	180	
7. Zoologie	4	4	»	»	144	
8. Minéralogie	1	1	»	»	36	
9. Topographie et constructions de routes	»	»	3	3	108	
10. Économie forestière	»	»	2	3	90	
11. Dessin des plans	»	»	4	6	180	
12. Chasse	»	»	2	»	36	
Nombre d'heures par semaine	23	19	19	17	»	
— par semestre	414	342	342	306	»	
Total	1104				1404	

Pendant les 2 semestres d'été, 72 heures sont, en outre, consacrées à des travaux pratiques *obligatoires* se rapportant aux matières suivantes : mathématiques supérieures, chimie, minéralogie, zoologie.

L'enseignement de l'économie forestière ne dure que pendant une année. Les heures qui lui sont affectées sont choisies de telle sorte que les candidats au service forestier de l'État peuvent le suivre, soit en première, soit en seconde année, selon qu'ils sont admis à faire leur volon-

tariat soit en seconde, soit en première année. En effet, les candidats qui n'ont pas satisfait à la loi militaire avant leur entrée à l'École, peuvent, avec une autorisation que le Directeur n'accorde qu'à ceux dont le travail est très satisfaisant, faire leur volontariat à Aschaffenbourg. Mais cette nécessité sociale entrave considérablement la marche normale des études ; le Directeur et les professeurs s'en plaignent amèrement.

L'enseignement complet, théorique et pratique, est obligatoire pour tous les candidats au service forestier de l'État bavarois ; les élèves libres peuvent à leur gré ne fréquenter que tel ou tel cours ; mais, une fois leur déclaration faite, ils sont astreints à l'assiduité.

Les professeurs sont autorisés à donner des leçons particulières (rémunérées) à ceux des élèves qui leur en font la demande.

Examens et certificats. — A la fin de chaque année d'études, les candidats au service de l'État doivent subir un examen sur chacune des matières enseignées. Ces examens se passent, par groupes d'élèves plus ou moins nombreux, devant un jury composé de trois membres ; d'habitude le professeur du cours auquel l'examen se rapporte préside et interroge. Le Ministère des finances se réserve le droit de déléguer un commissaire spécial qui peut assister à toutes les épreuves avec voix délibérative.

Certaines tolérances sont admises qui permettent de réparer les examens insuffisants et, en cas de nécessité, de recommencer l'une ou l'autre des années d'étude. Cette dernière faculté n'est accordée qu'une seule fois au même étudiant, un second échec entraînant son exclusion définitive.

Les étudiants libres subissent, à leur gré, des examens sur toutes les matières ou simplement sur celles qu'ils ont spécialement préparées.

A la suite des épreuves jugées satisfaisantes, le Directeur est autorisé à délivrer les certificats ci-après :

1° Aux candidats au service forestier de l'État.

a) Le certificat de fin d'année. — *b*) Le certificat de fin d'études qui donne le droit de se faire inscrire à l'Université de Munich et à la station de recherches qui en dépend.

2° Aux élèves libres.

a) Le certificat de fin d'études, complet ou limité. — *b*) Le certificat d'assiduité.

Frais d'inscription, frais d'études, bourses. — 1° Tous les étudiants inscrits sont tenus de payer :

Une somme de 7 marcs (8 fr. 75) à l'entrée, pour frais d'inscription,

et une somme égale à la sortie, pour certificat de fin d'études. Le certificat *limité* et celui d'*assiduité* ne sont soumis qu'à une taxe de 2 marcs (2 fr. 50);

2° En outre, les aspirants au service de l'État ont à verser 75 marcs (93 fr. 75) par an, à titre d'honoraires de cours, et les élèves libres 120 marcs (150 fr.);

3° Tout examen complémentaire doit, par mesure d'ordre, être précédé de la consignation d'une somme de 4 marcs (5 fr.).

Un certain nombre de bourses sont allouées chaque année aux étudiants qui se trouvent dans les conditions indiquées par les règlements.

Installation, matériel d'enseignement. — L'École est installée dans un bâtiment à deux étages auquel est attenant un jardin botanique. Ce bâtiment renferme, outre les bureaux et le cabinet du Directeur, *quatre grands amphithéâtres:* l'un est affecté à la chimie avec laboratoire et salle de travail pour le professeur; un autre à la physique avec salle spéciale pour les instruments de mathématiques et de physique; le troisième sert en même temps de salle de dessin; enfin, le dernier est affecté à tous les autres cours. Le second étage est occupé par les collections relatives à l'enseignement de la botanique, de la zoologie. Chacune de ces collections est installée dans une salle spéciale aménagée en même temps pour servir de laboratoire et complétée par un cabinet dans lequel le professeur a sous la main tous les moyens de travail. Une autre salle est réservée à la minéralogie, à la géodésie, aux armes, pièges et autres objets relatifs à la chasse. Au 1er étage se trouve la bibliothèque où les étudiants sont admis à travailler en attendant les heures de cours.

Les collections, sans être très nombreuses, sont surtout composées pour servir d'*instruments de travail*. Ce sont: des préparations botaniques et zoologiques, des pièces naturalisées, des modèles en carton, en plâtre ou en cire, des figures amplifiées ou réduites; enfin, toutes choses qui peuvent être utilement mises sous les yeux des élèves pour venir en aide à l'enseignement oral, et faciliter les descriptions ou les démonstrations.

Elles sont d'ailleurs entretenues par chaque professeur qui les enrichit au moyen des crédits mis largement à sa disposition; c'est ainsi que le professeur de zoologie reçoit chaque année 1,000 marcs (1,250 fr.). Ses collègues, bien que moins richement dotés, touchent cependant plus de 500 marcs (625 fr.) chacun.

Le jardin botanique renferme des exemplaires des principales familles disposées dans un ordre systématique, des spécimens de toutes les plantes ligneuses qui peuvent croître dans la région; il est complété par une serre froide et une serre chaude et, enfin, par un aquarium et un outillage de pisciculture.

Comme champs d'études pratiques, l'École a à sa disposition le petit

bois dit de la Faisanderie qui touche à la ville et où sont installées les pépinières d'instruction ; le cantonnement forestier communal de Kleinostheim, administré par le professeur de sylviculture et, enfin, le grand massif du Spessart qui commence à quelques kilomètres d'Aschaffenbourg. Les professeurs utilisent aussi, en y conduisant leurs élèves, les riches collections scientifiques et les jardins botanique et zoologique de la ville de Francfort.

Le nombre des élèves qui fréquentent l'École n'a rien d'absolument fixe ; depuis quelques années il oscille entre 35 et 40 par année, dont 6 à 10 élèves libres ou étrangers. Parmi les candidats au service forestier de l'État, 2/3 subissent avec succès toutes les épreuves, 1/3 est éliminé ; restent donc environ une vingtaine d'élèves qui se trouvent dans les conditions requises pour être admis à suivre les cours de l'Université de Munich.

UNIVERSITÉ DE MUNICH.

Décrire d'une façon complète l'organisation de l'enseignement forestier à Munich, ce serait entrer dans tous les détails du fonctionnement des universités allemandes en général et de la *Ludwig-Maximilians-Universität* en particulier. Cette étude sortirait du cadre qui nous est tracé ; nous nous contenterons donc de donner les renseignements essentiels.

Depuis 1878, à côté des 4 Facultés traditionnelles de théologie, de droit, de médecine et de philosophie, on a créé à l'Université de Munich, sous le nom de *Faculté des sciences politiques* (*Staatswirtschaftliche Facultät*), une Faculté nouvelle où sont professées : l'économie forestière, l'économie politique, l'administration et la science financière. Le but principal de l'institution est de faire des matières qui viennent d'être énumérées l'objet d'un enseignement vraiment supérieur, *s'élevant au-dessus des simples applications techniques ou des procédés d'une utilisation immédiate*. Son but accessoire est de permettre aux jeunes gens qui veulent entrer dans certains services publics, tels que ceux des forêts ou des domaines, d'acquérir l'ensemble des connaissances techniques exigées des candidats àces fonctions.

Dans ces conditions, l'enseignement forestier jouit de toutes les libertés qui sont le privilège des Universités allemandes. Indépendant de toute attache administrative, le savant qui devient titulaire d'une chaire peut avoir une spécialité différente de celle de son prédécesseur, car aucun programme officiel n'impose de limites au domaine de ses leçons. Sur les 9 chaires que compte la Faculté des sciences politiques, 6 ont été attribuées à l'enseignement forestier. Nous donnons ci-après l'état des matières actuellement enseignées et les noms des professeurs titulaires :

1° Sylviculture proprement dite, Dr Gayer ;

2° Chimie végétale, étude des sols, Dr Ebermayer;

3° Botanique forestière, Dr Robert Hartig;

4° Statistique forestière, cubage, estimation en fonds et superficie, Dr Baur;

5° Aménagement, arpentage, routes, Dr Weber;

6° Politique forestière[1], Dr Lehr.

A chacun de ces professeurs est adjoint un *assistant* qui le seconde dans ses recherches et se prépare à conquérir une place dans la carrière de l'enseignement.

Il faut reconnaître que le choix de professeurs si distingués et la notoriété dont jouissent certaines de leurs publications dans le monde forestier, justifient le prestige que la Faculté de Munich s'est acquis dès ses débuts.

Aussi, sur une centaine d'étudiants inscrits, on en compte à peine moitié de la nationalité bavaroise dont la plupart sortent de l'école d'Aschaffenbourg; les autres viennent de tous les points de l'Allemagne, attirés par le désir d'entendre les leçons de savants en renom.

Immatriculation. Inscription. — Les candidats au service forestier bavarois, sortant d'Aschaffenbourg avec le certificat complet, prennent à l'Université ce qu'on appelle la *grande immatriculation* (*grosse Matrikel*). Ceux qui n'aspirent pas à remplir des fonctions publiques sont admis au régime de la *petite immatriculation* (*kleine Matrikel*), s'ils justifient des connaissances nécessaires pour suivre utilement les leçons.

Cette formalité ne dispense pas de l'inscription aux cours. Il est vrai que les étudiants immatriculés ne sont pas astreints à se faire inscrire à tous les cours sur lesquels portera leur examen; comme « *citoyens* » de l'Université ils ne sont tenus qu'à une inscription à l'un des cours, pourvu que la matière à laquelle il se rapporte soit l'objet d'au moins quatre leçons par semaine, mais, malgré cette tolérance, les étudiants se font, en général, inscrire à tous les cours sur lesquels ils seront examinés.

Durée et nature de l'enseignement. — La durée des études est de deux années, soit de 4 semestres comprenant environ 18 semaines chacun. Hiver comme été, la journée du samedi est réservée aux travaux pratiques ou aux excursions.

Le tableau ci-après donne le détail des matières enseignées et le nombre des heures qui y sont consacrées:

---

1. Par là, on entend les principes qui doivent présider à la gestion des forêts de l'État et au contrôle de la gestion des autres propriétés boisées. La chaire de M. Lehr a été occupée précédemment par le savant Gustave Heyer qui enseignait l'aménagement et qui a été enlevé prématurément à la science en 1883.

MATIÈRES ENSEIGNÉES.	NOMBRE d'heures par semaine. 1re ANNÉE. Semestres I.	II.	2e ANNÉE. Semestres III.	IV.	NOMBRE DES HEURES consacrées à chaque matière.	OBSERVATIONS.
1. Sylviculture proprement dite.	6	»	»	»	108	
2. Étude des sols et chimie agricole. . .	4	»	»	»	72	
3. Principes fondamentaux de la production du sol.	3	»	»	»	54	
4. Cubage des bois	4	»	»	»	72	
5. Anatomie et physiologie végétales . .	4	»	»	»	72	
6. Économie politique	»	5	»	»	90	
7. Exploitation des bois et technologie .	»	5	»	»	90	
8. Climatologie et météorologie.	»	4	»	»	72	
9. Repeuplements artificiels	»	3	»	»	54	
10. Maladies des plantes.	»	3	»	»	54	
11. Chimie végétale.	»	3	»	»	54	
12. Construction de routes et dessins des plans	»	2	»	»	36	
13. Géodésie	»	3	»	»	54	
14. Science financière	»	»	5	»	90	
15. Estimation des forêts en fonds et superficie.	»	»	4	»	72	
16. Aménagement des forêts.	»	»	5	»	90	
17. Politique forestière (Voir la note, page 269)	»	»	4	»	72	
18. Fixation du rendement des forêts. . .	»	»	»	2	36	
19. Notions générales de droit.	»	»	»	4	72	
20. Histoire de la sylviculture	»	»	»	2	36	
21. Géologie	»	»	»	5	90	
Nombre d'heures par semaine.	21	28	18	13	»	
— par semestre	378	504	324	234	1440	
Total.	1440				1440	

Il résulte de l'examen de ces chiffres que pendant les 3 premiers semestres, les étudiants ont en moyenne de 3 h. 1/2 à 5 h. 1/2 de cours par jour. Pendant le dernier semestre, moins chargé, ils ont quelques loisirs soit pour suivre d'autres cours à l'Université, soit pour préparer l'examen d'État technique.

En hiver, on ne fait qu'un petit nombre d'excursions en forêt ; elles sont remplacées, le samedi, par des travaux pratiques dans les différents laboratoires[1]; chaque élève doit savoir faire spécialement : une détermi-

1. Notamment ceux de la Station d'expériences.

nation de densité, une analyse de tige (*Stammanalyse*), une préparation microscopique, une analyse chimique de sol et de cendres de bois. Par contre, en été, on va sur le terrain chaque samedi et, de plus, on profite des dimanches et fêtes pour exécuter plusieurs voyages d'étude de 3, 4 et 5 jours chacun.

Examens. — Tous les ans s'ouvre à l'Université une session d'examens théoriques exclusivement à l'usage des jeunes gens qui se proposent d'entrer dans le service forestier bavarois. Ceux-ci, pour être admis à se présenter, doivent produire, outre certaines pièces réglementaires, un certificat constatant qu'ils ont suivi, pendant deux ans au moins, les cours, d'économie forestière dans une école supérieure ou une université d'Allemagne et pris part, pendant une année, aux travaux pratiques de la Station d'expérimentation forestière de Munich. Quand ils ont fait leurs études à la Faculté de Munich, l'année de laboratoire peut se confondre avec les deux autres.

Les examens se passent devant un jury composé de professeurs de l'Université auxquels s'adjoignent, au besoin, des professeurs de l'École supérieure des arts et manufactures. Il est présidé par un des hauts fonctionnaires du service forestier.

A cause de la multiplicité des épreuves, le jury est réparti en 2 ou 3 sections de 3 ou 4 membres chacune.

L'examen est public et oral ; il porte sur les matières suivantes :

1° Économie politique ;

2° Encyclopédie du droit ;

3° Botanique forestière ;

4° Géologie forestière, climatologie ;

5° Sylviculture ;

6° Exploitation des forêts ;

7° Aménagement ;

8° Estimation des forêts en fonds et superficie ;

9° Cubage des bois ;

10° Administration des forêts de l'État, police des bois des autres propriétaires.

La sanction de ces examens est arrêtée à la clôture de la session. Les candidats dont les épreuves ont été jugées satisfaisantes reçoivent le certificat d'étude théorique et prennent le titre de *Forstpraktikanten ;* ils peuvent commencer leur stage qui dure, en moyenne, de 2 à 4 années. Ceux dont les examens ont été qualifiés d'insuffisants, sont informés par lettre des conditions dans lesquelles ils pourront se présenter une seconde fois *et non plus*. Sur 20 ou 30 candidats venant d'Aschaffenbourg tous les ans, il n'y en a pas plus de 2 ou 3 qui soient ainsi ajournés.

Les autres étudiants bavarois ou étrangers peuvent aussi subir les

mêmes épreuves et recevoir le certificat de fin d'études théoriques. Enfin, la Faculté des sciences politiques peut aussi, comme ses aînées, délivrer des diplômes de docteur et notamment de docteur en sylviculture.

Frais scolaires, frais d'examen. — Bourses. — Les étudiants ont à payer, outre les frais peu élevés de l'immatriculation, une redevance pour chacun des cours auxquels ils se font inscrire. Celle-ci s'élève, par semestre, à la somme de 4 marcs multipliés par autant d'unités qu'il y a d'heures de ce cours par semaine. Ainsi, par exemple, pendant le semestre d'hiver de la première année, le cours de sylviculture occupe 6 heures par semaine, la redevance sera de $4 \times 6 = 24$ marcs (30 fr.). Il existe aussi des taxes de laboratoire diversement tarifées.

Chaque examen doit être précédé de la consignation d'une somme de 26 marcs (32 fr. 50 c.), dont 15 marcs pour frais d'examen, 7 marcs pour la caisse de l'Université et 4 pour frais de certificat. En cas d'échec, cette dernière somme est seule remboursée.

L'Université peut accorder beaucoup de bourses, grâce à des fonds spéciaux et à des crédits alloués par l'État. On fait aussi aux étudiants pauvres une réduction sur les redevances de cours, ou même remise totale de ces frais.

Installation matérielle. — La nouvelle Faculté a été installée avec le luxe dont l'Allemagne se fait gloire de décorer tout ce qui touche à l'instruction supérieure.

Dans un vaste bâtiment à deux étages se trouvent rassemblés les principaux services relatifs à l'enseignement et les locaux occupés par la station de recherches [1] :

Le 1er étage est affecté à la botanique avec amphithéâtre, salle de collection, laboratoire, cabinet de travail. Le second étage, avec même disposition, sert pour les diverses branches de l'économie forestière : sylviculture, exploitation, cubage, protection des forêts, etc...

Ce bâtiment est entouré d'un jardin botanique renfermant des spécimens de toutes les essences indigènes et d'un grand nombre d'exotiques. On y a placé divers appareils pour les observations de la météorologie ou autres expériences, des serres, des cases de végétation, etc.

Les cours de chimie agricole et forestière ont lieu dans les anciens bâtiments de l'Université, où de vastes locaux ont été mis à la disposition de M. le professeur Ebermayer.

1. Ces derniers ont été décrits par MM. Reuss et Bartet dans leur *Étude sur les Stations de recherches en Allemagne*. (Annales de la Science agronomique, 1884.)

2° EMPIRE D'AUTRICHE

ÉCOLE DES HAUTES ÉTUDES AGRONOMIQUES A VIENNE.

But et organisation. — Cette école, la plus importante[1] de celles où l'on s'occupe de l'enseignement forestier supérieur en Autriche, a été fondée par la loi du 30 avril 1872. Les étudiants sont répartis en trois groupes : agriculteurs, forestiers et ingénieurs agricoles.

La section agricole a été ouverte la même année au mois d'octobre ; la section forestière le 12 octobre 1875, après la fermeture de l'Académie forestière de Mariabrunn. La section des ingénieurs agricoles est de création plus récente.

L'École des hautes études agronomiques est entretenue aux frais de l'État; elle donne l'instruction nécessaire à la gestion de grandes propriétés et domaines, et fournit à ceux qui étudient les sciences politiques et le droit, les moyens d'acquérir les connaissances techniques utiles à leur carrière future.

Libre de toute attache avec l'administration, l'École relève depuis 1873 du Ministre de l'instruction publique, qui, lorsqu'il y a des mesures importantes à prendre, s'entend avec son collègue de l'agriculture dont dépend le service des forêts. Elle est gérée par un recteur élu chaque année à la majorité des suffrages par le conseil des professeurs.

Le personnel *enseignant* pour les trois sections se compose de 11 professeurs ordinaires, 5 professeurs extraordinaires, 2 suppléants, 12 chargés de cours[2] et *Privat-Docenten* ; enfin 9 *assistants* et préparateurs.

Le recteur, le vice-recteur et un doyen pour chacune des sections, sont élus parmi les professeurs ordinaires.

Inscription des étudiants. — Discipline. — Les cours sont suivis par des élèves réguliers et des élèves libres ou auditeurs bénévoles.

Pour être admis dans la première catégorie, il faut présenter un certi-

1. Parmi ces écoles, il faut citer celles de Weisswasser en Bohême, celle de Eulenbourg en Moravie. On enseigne aussi la sylviculture à l'École supérieure des arts et métiers à Gratz et à l'École d'agriculture de Lemberg.

2. Ce sont des professeurs attachés à d'autres établissements et qui reçoivent des honoraires pour les cours qu'ils font à celui-ci.

ficat de maturité délivré soit par un gymnase de plein exercice, soit par une *Realschule* supérieure. Il suffit aux auditeurs libres de prouver qu'ils sont âgés de 18 ans révolus et qu'ils possèdent les connaissances nécessaires pour suivre les cours.

Enfin, avec l'autorisation du doyen, les professeurs peuvent admettre à des cours particuliers des élèves *temporaires*. Ceux-ci n'ont besoin d'aucun certificat d'études, mais ils ne peuvent recevoir de diplôme.

Tous ces élèves sont astreints aux mêmes prescriptions disciplinaires à l'intérieur comme en dehors de l'établissement. A l'intérieur, l'assiduité et la bonne tenue sont constatées, pour les élèves ordinaires, sur un livret de présence servant pendant toute la durée des études et, pour les élèves libres, sur des feuilles valables pour un semestre. Ces pièces doivent être signées à la fin de chaque semestre par les professeurs, qui peuvent refuser leur signature en indiquant les motifs de ce refus ; elles sont ensuite soumises au visa du recteur. A l'extérieur, ils s'engagent comme dans toutes les Universités, à observer les règlements relatifs à la bonne conduite, la moralité et les convenances. En cas d'infraction, ils sont passibles de peines disciplinaires prononcées par le recteur et le conseil d'instruction.

Durée et nature de l'enseignement. — La durée de l'enseignement est de 3 ans.

L'année scolaire commence vers le milieu d'octobre et se termine à la fin de juillet. Elle est divisée en deux semestres : le semestre d'hiver finit dans les derniers jours de février, celui d'été commence le 1er mars. Soit au total six semestres d'enseignement composés chacun d'environ vingt semaines, y compris les congés de Noël et de Pâques.

Pour chacune des trois sections, les matières enseignées se divisent en connaissances fondamentales, principales et accessoires.

A de rares exceptions près, l'enseignement des sciences fondamentales est commun aux étudiants des trois sections. Outre les cours officiellement créés par les statuts organiques, les professeurs, répétiteurs, *Privat-Docenten* ou *assistants* peuvent, avec une autorisation spéciale, ouvrir des cours complémentaires sur des matières se rapportant à l'enseignement de l'École. Dans ces conditions, le nombre et la variété des leçons devient tellement considérable qu'il serait absolument impossible à tous les étudiants d'y prendre une part active. Aussi, en ce qui concerne les aspirants au service forestier domanial, on admet de ne considérer comme obligatoires que les matières figurant dans le programme de l'examen d'État qu'ils ont à passer à leur sortie de l'École.

A cet effet le plan d'études suivant leur est recommandé :

I. — Enseignement théorique.

A. — Matières obligatoires.

MATIÈRES ENSEIGNÉES.	NOMBRE D'HEURES par semaine. 1re ANNÉE. Semestres. I.	II.	2e ANNÉE. Semestres. III.	IV.	3e ANNÉE. Semestres. V.	VI.	NOMBRE TOTAL des heures consacrées à chaque matière.	OBSERVATIONS.
a. — Connaissances fondamentales [1].								
1. Mathématiques.	4	»	»	»	»	»	80	
2. Physique et mécanique	4	4	»	»	»	»	160	
3. Chimie organique et inorganique.	4	4	»	»	»	»	160	
4. Botanique générale.	5	5	»	»	»	»	200	
5. Minéralogie et géologie.	3	3	»	»	»	»	120	
6. Géométrie descriptive.	»	4	»	»	»	»	80	
7. Géodésie.	4	3	»	»	»	»	140	
8. Économie politique.	3	3	»	»	»	»	120	
9. Chimie agricole	»	»	4	»	»	»	80	
10. Météorologie et climatologie . . .	»	»	3	»	»	»	60	
11. Météorologie pratique.	»	»	2	»	»	»	40	
12. Dessin des plans	»	»	»	4	4	»	160	
b. — Connaissances principales ou techniques.								
13. Sylviculture	»	»	3	4	»	»	140	
14. Exploitation des forêts	»	»	3	»	»	»	60	
15. Technologie chimique des bois . .	»	»	»	2	»	»	40	
16. Protection des forêts et entomologie forestière	»	»	3	3	»	»	120	
17. Cubage des bois	»	»	»	»	3	»	60	
18. Aménagement	»	»	»	»	3	3	120	
19. Statique forestière	»	»	»	»	»	3	60	
20. Estimation des forêts en fonds et superficie.	»	»	»	»	3	»	60	
21. Technologie mécanique des bois. .	»	»	»	»	»	4	80	
22. Hist. naturelle des essences forests.	»	»	2	»	»	»	40	
23. Correction des torrents	»	»	»	»	2	»	40	
c. — Connaissances accessoires.								
24. Administration et législation . . .	»	»	»	»	6	4	200	
25. Gestion d'un domaine boisé. Comptabilité.	»	»	»	»	2	»	40	
26. Science de l'ingénieur forestier . .	»	»	»	»	6	»	120	
Total des heures par semaine. .	27	26	20	13	29	14	2580	
— par semestre. .	540	520	400	260	580	280	»	
	2580							

1. A l'exception de la géométrie descriptive et du dessin, l'enseignement des autres matières fondamentales est commun aux deux sections (agriculteurs et forestiers).

B. — Matières facultatives.

MATIÈRES ENSEIGNÉES.	NOMBRE D'HEURES par semaine. 1re ANNÉE — Semestres. I.	II.	2e ANNÉE — Semestres. III.	IV.	3e ANNÉE — Semestres. V.	VI.	NOMBRE TOTAL des heures consacrées à chaque matière.	OBSERVATIONS.
Zoologie générale et spéciale	3	3	»	»	»	»	»	
Statistique agricole.	»	»	3	»	»	»	»	
Études des stations favorables aux essences forestières	»	»	»	3	2	»	»	
Pathologie des plantes.	»	»	»	3	»	»	»	
Technologie mécanique générale. . .	»	»	»	2	»	»	»	
Étude des grands travaux d'art. . . .	»	»	3	»	»	»	»	
Histoire et littérat. de la science forest.	»	»	»	»	»	2	»	
Encyclopédie agricole	»	»	»	»	1	»	»	
Chasse.	»	»	1	»	»	»	»	

II. — Enseignement pratique.

Semestres.

MATIÈRES ENSEIGNÉES.	NOMBRE D'HEURES variable par semaine. 1re ANNÉE — Semestres. I.	II.	2e ANNÉE — Semestres. III.	IV.	3e ANNÉE — Semestres. V.	VI.	NOMBRE TOTAL des heures consacrées à chaque matière.	OBSERVATIONS.
Chimie	I	II	III	»	»	»	»	
Conférences de botanique	I	»	»	»	»	»	»	
Géodésie pratique	I	II	»	»	»	»	»	
Exercices de construction (Géométrie descriptive)	»	»	III	»	»	»	»	
Exercices de construction (Art de l'ingénieur forestier)	»	»	»	»	V	VI	»	
Exercices pratiques (Sylviculture et exploitation).	»	»	III	IV	»	»	»	
Exercices pratiques (Prot. des forêts).	»	»	III	IV	»	»	»	
— (Cubage).	»	»	»	»	V	VI	»	
— (Aménagement). .	»	»	»	»	V	VI	»	
— (Statique forest.).	»	»	»	»	V	»	»	
— (Station des peuplemenents forestiers)	»	»	»	IV	»	»	»	
Exercices pratiques (Histoire naturelle forestière).	»	»	III	»	»	»	»	
Maniement du microscope	»	»	»	»	»	»	»	
— d'instruments de géodésie.	»	»	»	»	»	»	»	
Exercices pédagogiques	»	»	»	»	»	VI	»	

L'enseignement pratique est assuré par l'obligation de fréquenter les laboratoires et d'assister aux exercices sur le terrain et de visiter les champs d'expériences appartenant à l'École.

Les laboratoires sont ouverts tous les jours aux étudiants, à des heures fixées par les règlements. Les excursions se font en général le samedi et, de plus, pendant les deux semestres d'été correspondants à la 2e et à la 3e année d'études, les professeurs organisent des voyages forestiers dont la durée atteint parfois de 10 à 15 jours.

Examens. — Les examens subis à l'institut sont de trois ordres. Les uns ont pour but de s'assurer que les étudiants poursuivent avec profit leurs études ; d'autres sont passés en vue de l'obtention des diplômes ; d'autres, enfin, constituent les épreuves de l'examen d'État qui donne accès aux fonctions publiques.

La 1re catégorie d'examens consiste dans des interrogations indépendantes les unes des autres qui portent sur les différentes matières enseignées à l'École. Elles sont faites publiquement, sous la surveillance du recteur, par les professeurs compétents, et ont lieu, en général, à la clôture d'une série de cours consacrés à un sujet déterminé.

Les étudiants sont jugés, en outre, d'après leurs devoirs écrits, leurs exercices dans les salles de dessin et les laboratoires et même d'après les travaux qu'ils effectuent à domicile. On leur délivre à la suite de ces examens des certificats (*Fortgangszeugnisse*) sur lesquels sont mentionnées les notes obtenues. Les épreuves dont il s'agit sont facultatives, aussi ont-elles perdu beaucoup d'importance depuis la création, à l'École (8 octobre 1881), des examens d'État dont nous parlerons plus loin.

Les jeunes gens qui n'ont pas brigué le *Fortgangszeugnisse* peuvent réclamer, en place, des certificats d'études (*Abgangszeugnisse*) constatant qu'ils ont fréquenté soit tous les cours de l'École, soit seulement un certain nombre d'entre eux.

Le diplôme procure au titulaire différents avantages au point de vue de l'admission à certains emplois publics ou de leur équivalence avec d'autres diplômes ou grades universitaires. Les épreuves pour l'obtenir sont sérieuses et très difficiles.

Elles consistent en deux séries d'examens dont la première embrasse les connaissances fondamentales, la seconde les connaissances principales, en y comprenant le droit, qui rentre dans les connaissances accessoires.

En ce qui concerne l'enseignement forestier, les programmes sont conçus comme suit :

1re Série. — 1. Physique et climatologie. — 2. Chimie. — 3. Botanique générale et spéciale. — 4. Minéralogie, géologie et étude des sols. — 5. Mathématiques. — 6. Géodésie. — 7. Mécanique. — 8 Géométrie des-

criptive. — 9. Économie politique. — Si le candidat le désire, cet examen peut être scindé en deux suites comprenant : la 1re, les numéros de 1 à 4 et la 2e, ceux de 5 à 9.

2e Série. — 1. Sylviculture. — 2. Exploitation des forêts et technologie. — 3. Protection des forêts, zoologie forestière. — 4. Droit. — 5. Aménagement. — 6. Estimation en fonds et superficie, statique forestière. — 7. Art de l'ingénieur forestier. — Cette série peut aussi se subdiviser en deux suites (1 à 4 ; 5 à 7).

Les épreuves de la 1re série sont orales, celles de la 2e sont à la fois orales et écrites ; ces dernières se font en loge, sans l'aide d'aucun livre ou document manuscrit.

La durée de l'examen oral ne doit pas dépasser trois heures, l'épreuve écrite dure au plus six heures.

Certaines facilités sont accordées aux étudiants pour réparer des examens insuffisants, mais en aucun cas on ne peut se présenter plus de trois fois à la même épreuve.

Les *examens dits d'État* sont ceux qui ouvrent les carrières publiques aux étudiants qui les ont passés avec succès. De même que les précédents, ces examens comportent deux degrés ; les programmes sont aussi composés d'une manière analogue.

Les membres du jury sont désignés par le Ministre de l'instruction publique ; le ministère de l'agriculture peut déléguer un commissaire du Gouvernement chargé d'assister aux épreuves.

Les examens sont oraux et publics ; leur durée, pour chaque candidat, ne doit pas dépasser trois heures.

Outre les sessions ordinaires, on ouvre dans l'année un certain nombre de sessions extraordinaires où les candidats ajournés peuvent se représenter dans les délais fixés par le jury.

Les sessions ordinaires pour l'examen du *1er degré* s'ouvrent à la fin du 3e ou au commencement du 4e semestre de l'enseignement. Pour être admis à se présenter, les candidats doivent fournir des certificats constatant leur assiduité aux cours sur lesquels porte l'examen et indiquant qu'ils ont obtenu la note *bien* pour les travaux de géométrie descriptive.

L'examen du second degré ne peut être subi avant la fin du 6e semestre. Les pièces à fournir sont de même nature que pour le 1er degré, et le certificat d'admission à celui-ci est nécessaire.

Les diplômes obtenus à l'institut peuvent dispenser de ces examens d'État. Le Ministre de l'agriculture peut aussi, par décisions spéciales, admettre aux examens d'État de l'un ou l'autre degré, des candidats pourvus d'un certificat d'étude dans un gymnase ou une *Realschule* qui ont, en outre, suivi avec succès l'enseignement d'une école forestière secondaire.

A côté des trois catégories d'examens qui viennent d'être décrites,

on a créé à l'Institut de Vienne, en même temps que la section des ingénieurs agricoles, des examens à l'usage des jeunes gens qui se destinent à l'enseignement dans les écoles forestières secondaires et primaires.

Frais d'inscription, frais d'études. — Bourses. — Les frais d'inscription et d'études à la charge des élèves sont établis d'après les tarifs suivants :

Taxe d'inscription pour les étudiants de toute catégorie, 5 florins (12 fr. 50 c.).

Frais scolaires pour les étudiants réguliers, 25 florins (62 fr. 50 c.) par semestre ; pour les auditeurs bénévoles, 1 florin 50 (3 fr. 75 c.) par semestre pour chacun des cours auxquels ils se sont fait inscrire.

La taxe semestrielle pour les exercices pratiques dans les laboratoires de chimie varie de 5 florins à 15 florins (12 fr. 50 c. à 37 fr. 50 c.), suivant le nombre des heures de fréquentation.

Les étudiants réguliers peuvent suivre gratuitement les cours de l'École supérieure technique[1] de Vienne ; ils sont obligés de payer pour suivre ceux de l'Université.

Le conseil des professeurs est autorisé à dispenser de la moitié ou de la totalité des frais scolaires ceux des étudiants réguliers qui justifient d'une situation de fortune insuffisante. Aucune dispense de cette nature n'est accordée aux auditeurs bénévoles.

Chaque série d'examen doit être précédée de la consignation d'une somme de 50 florins (125 fr.). L'impétrant a aussi à sa charge les frais de confection de diplôme et les droits de timbre. Les frais d'examens d'État s'élèvent à 10 florins (25 fr.) pour les épreuves de chaque degré.

Nombre des étudiants. — Le nombre des étudiants est monté rapidement de 70 qu'il était en 1872 à 601 pour l'année 1881. Il est descendu à 452 pour l'année scolaire 1883-1884, mais cela tient sans doute à ce fait que, à partir de cette époque, le Gouvernement a imposé aux candidats au service de l'État, l'obligation de faire une année de stage pratique dans un cantonnement avant leur entrée à l'École.

Les étudiants de la section forestière figurent en général pour plus de moitié sur les listes d'inscription.

Chaque étudiant passe en moyenne par année 2 à 3 des examens facultatifs destinés à vérifier la façon dont il profite de l'enseignement. Près de la moitié des étudiants forestiers se présentent aux examens d'État, qui sont assez difficiles, puisque le nombre des jeunes gens refusés aux épreuves du 1er degré a atteint, en 1883-1884, 40 p. 100 du chiffre total des candidats.

1. *Technische Hochschule*, sorte d'école centrale des arts et manufactures.

Quant au diplôme, il nécessite des études tellement approfondies, qu'il n'a, jusqu'à présent, été délivré chaque année qu'à 2 ou 3 forestiers.

Installation. — Matériel d'enseignement. — L'École des hautes études agronomiques est provisoirement installée dans deux hôtels situés à peu de distance l'un de l'autre et loués à cet effet dans le 8e arrondissement postal de la ville de Vienne. Bien que la distribution première de ces locaux ne réponde pas précisément à leur destination actuelle, du moins, au point de vue de la place, tous les services sont convenablement dotés. Un des immeubles est affecté aux deux sections agricoles, l'autre à la section forestière. Dans ce dernier, chacune des branches de l'enseignement comportant des travaux pratiques est pourvue d'un amphithéâtre spécial, avec salles de collections, laboratoire et cabinet de travail y attenant. Un jardin avec serre et dépendances permet, en attendant mieux, de disposer les pièces encombrantes et de poursuivre les expériences qui demandent de l'air et de la place.

Chaque professeur est annuellement doté d'un crédit suffisant pour créer, entretenir et perfectionner, en même temps que ses collections d'étude, tout un matériel scolaire composé de dessins et de planches explicatives ; rien n'est négligé en effet pour allier à une savante théorie la pratique la plus large de l'enseignement par les yeux.

Parmi les nombreuses collections d'enseignement, il faut citer les suivantes :

Collection pour la géodésie et la géométrie descriptive ;
— pour la construction des machines et la technologie mécanique ;
— pour la science de la production forestière ;
— pour l'aménagement théorique et pratique ;
— pour le cubage des bois ;
— pour la climatologie et la météorologie.

L'ancienne Académie forestière de Mariabrunn, située sur le chemin de fer, à quelques minutes de Vienne, renferme un musée relatif à l'exploitation et à l'industrie des bois, un autre se rapportant à la production forestière, enfin, différentes collections à l'usage des sections agricoles, des pépinières et des terrains d'expériences et d'instruction.

L'enseignement forestier est également en relation directe avec la station de recherches forestières dont le directeur, M. de Seckendorff, est en même temps professeur à l'École.

Les étudiants peuvent aussi profiter de toutes les riches collections d'État rassemblées dans les différents établissements scientifiques de la capitale.

S'il nous est permis de nous inspirer du travail récemment publié dans le fascicule B du *Bulletin de la direction des forêts*, nous pourrons faire un rapprochement entre les méthodes d'enseignement adoptées dans les trois principaux, parmi les nombreux établissements de langue allemande où se professe la science forestière[1].

Les instituts forestiers de Neustadt-Eberswald, d'Aschaffenburg et Munich et de Vienne, conduisent les étudiants vers les fonctions publiques par des routes qui, tout en présentant parfois des alignements très divergents, se confondent néanmoins dans certaines parties de leur tracé. Si quelques-uns de ces points de sujétion sont imposés par le tempérament et les mœurs germaniques, d'autres relèvent certainement de raisons supérieures à toute question de race. Nous nous contenterons de signaler les uns et les autres sans prétendre qu'il faille, en France, rejeter les premières de parti pris ou accepter les deuxièmes sans réserves.

1° Tous ces établissements, quels que soient leur organisation et leur nom, participent du régime universitaire : le principe de l'externat est une règle qui ne présente aucune exception ;

2° L'étude des sciences naturelles forme la base fondamentale de tout l'enseignement, sans pour cela que les mathématiques soient exclues des programmes ;

3° Les connaissances techniques ou spéciales sont précédées, dans le plan d'études, des connaissances fondamentales sur lesquelles elles reposent ;

4° La plus large part est faite à l'enseignement pratique et, par là, il faut entendre non seulement les excursions, les manipulations et autres exercices de laboratoires, auxquels un jour par semaine est exclusivement réservé, mais encore cette alliance complète de la théorie à l'enseignement par les yeux au moyen de planches, de figures, de préparations et de tout un matériel scolaire pour le perfectionnement constant duquel aucun crédit n'est ménagé ;

5° La durée de l'enseignement est partout de 5 semestres[2] au minimum ; elle en comprend parfois 8 ;

6° Si l'enseignement théorique est poussé aussi loin qu'il soit raison-

1. Neustadt-Eberswald et Münden, pour la Prusse ; Tharand, pour le royaume de Saxe ; Eisenach, pour le grand-duché de Saxe ; Giessen, pour le grand-duché de Hesse ; Carlsruhe, pour le grand-duché de Bade ; Aschaffenburg et Munich, pour la Bavière ; Tubingen, pour le Wurtemberg ; Vienne, Weisswasser, Eulenberg, Lemberg, pour l'Autriche ; Zurich, pour la Suisse.

2. Le semestre de préparation qui précède l'entrée des étudiants à l'école de Neustadt-Eberswald, doit nécessairement être compté comme temps d'instruction. D'ailleurs, après leur séjour de 2 ans à l'École, les élèves doivent encore suivre, pendant 2 semestres, des cours de droit et d'économie politique dans une université.

nablement désirable, nulle part on ne prétend le compléter par l'enseignement professionnel. C'est en dehors de l'École et sous forme de stage, que l'étudiant breveté doit acquérir les connaissances qui lui permettent d'affronter la responsabilité des fonctions publiques ;

7° Afin de donner aux professeurs et aux étudiants le temps nécessaire pour travailler en dehors des heures affectées à l'enseignement oral, les interruptions de cours sont fréquentes et largement réparties. Elles sont en général de 8 à 10 jours à Noël, de 4 à 5 semaines à Pâques et de deux mois et demi aux vacances d'automne.

3° ROYAUME DE HONGRIE

École supérieure. — L'enseignement forestier est professé à l'école de Selmecz (Schemnitz), dans laquelle on admet comme élèves réguliers les jeunes gens qui sortent d'un collège ou d'une *école réale* avec leur diplôme de maturité.

La durée de l'enseignement à l'Académie forestière est de trois ans ; toutefois, les aspirants au grade d'ingénieur forestier doivent faire une quatrième année pendant laquelle ils complètent leur instruction en mécanique et en travaux d'art.

Comme l'école forestière et l'école des mines sont réunies, les mathématiques, la physique, la géométrie et les travaux d'art sont enseignés en même temps et par les mêmes professeurs aux élèves des deux sections. Trois professeurs titulaires et trois professeurs adjoints sont spécialement chargés de l'enseignement des matières relatives à l'économie forestière. L'établissement, fondé depuis plus de 70 ans, possède une riche bibliothèque et dispose de belles collections d'enseignement[1]. Les cours se font en langue magyare.

Un petit bois, situé dans le voisinage, est affecté à l'enseignement pratique. Les élèves font aussi chaque année, en compagnie de leurs professeurs, un voyage d'études forestières dans diverses régions du pays.

Le régime est celui de l'internat et l'enseignement est gratuit. L'école dispose de 20 bourses de 300 florins (750 fr.) données après concours, aux plus méritants parmi les élèves pauvres.

1. Nous en avons donné ailleurs la description sommaire. (*Revue des forêts*, mai 1886.)

A la clôture des cours, les étudiants qui passent des examens satisfaisants, reçoivent un certificat d'aptitude qui leur donne droit, lorsqu'ils ont fait deux ans de candidature pratique, de passer leur examen d'État. D'ailleurs, les jeunes Hongrois qui ont fait leurs études forestières dans une école de même rang que celle de Selmecz, peuvent passer le même examen de clôture de cours et recevoir un certificat leur donnant les mêmes droits.

Pendant le temps de pratique qui précède l'examen d'État, les aspirants forestiers reçoivent une subvention de 360 florins (900 fr.). Ceux qui prétendent au brevet d'ingénieur forestier, touchent la même indemnité et ont droit à faire compter leur quatrième année d'études comme temps de pratique.

Nancy, le 10 février 1886.

L. Boppe et E. Reuss.

MÉTHODE SIMPLE

POUR

RECONNAITRE LE BEURRE FALSIFIÉ

PAR

ADOLPHE MAYER

DIRECTEUR DE LA STATION AGRONOMIQUE DE WAGENINGEN (HOLLANDE)

Une méthode simple pour reconnaître avec certitude les substances étrangères dans le beurre naturel est d'une réelle nécessité. Le besoin s'en fait tellement bien sentir que déjà des sociétés, dont le but est l'amélioration de l'industrie laitière, ont décidé d'accorder des prix à l'invention d'une pareille méthode. Le fait, que ces prix déjà promis depuis quelque temps sans que personne encore ne les ait remportés et qu'on a même été obligé de les doubler, laisse à comprendre que le problème n'est pas facile à résoudre.

Par méthode simple, il faut entendre une méthode qui, au besoin, peut être appliquée par quiconque est bon observateur et quelque peu adroit; qui n'exige en outre ni appareils compliqués, ni locaux spéciaux; enfin qui permette d'exécuter rapidement un certain nombre d'essais. Car si l'on veut combattre efficacement la fraude en question, il faut pouvoir la découvrir en flagrant délit. Conséquemment, l'essai doit se faire sous forme de contrôle de marché sur le marché même, ou tout au plus dans la chambre d'un bâtiment voisin. Cette méthode ne doit pas exiger de longues recherches, demandant de vrais chimistes pour être exécutées et jusqu'à la fin desquelles la chose même a perdu tout intérêt pratique. Même sans cette clause nécessaire, le problème n'est nullement facile, puisque

maintenant nous n'avons pas une méthode essentiellement scientifique qui puisse faire découvrir la fraude dans chaque cas.

Il me semble utile, avant de passer au but essentiel de ce mémoire, c'est-à-dire à la solution du problème posé, d'exposer brièvement et en termes techniques, l'intérêt pratique de la découverte de la falsification du beurre, ainsi que les moyens dont nous disposons actuellement pour la solution du problème.

Pourquoi est-il désirable de posséder un moyen pour reconnaître les falsifications du beurre naturel?

Pourquoi cette question est-elle si importante, surtout maintenant? La réponse est aisée à trouver; je l'ai déjà traitée en partie dans ma brochure spéciale sur le beurre artificiel (Heidelberg, 1884). Depuis quelques années seulement, la fabrication du beurre artificiel au moyen de la partie facilement fusible de la graisse du bœuf, c'est-à-dire de la margarine, a fait de tels progrès, qu'elle commence à faire une sérieuse concurrence au beurre naturel. Quoique par des essais de digestibilité faits spécialement dans ce but, il ait été démontré que le beurre artificiel, préparé au moyen de margarine et d'huile d'arachide, n'est pas beaucoup moins digestible que le bon beurre, et qu'en outre il n'a jamais été sérieusement question de la mauvaise influence sur la santé du beurre artificiel bien préparé, le quiproquo cependant est dans ce cas dangereux pour le commerce en grand du beurre naturel. Ce côté économique a été traité ailleurs par moi de la manière suivante : je pense naturellement que le discrédit a été jeté sur le commerce du beurre de contrées entières, là où le beurre artificiel s'est introduit à la place d'un beurre naturel renommé. Ainsi, par exemple, il ressort que, dans les dernières années, le commerce du beurre artificiel de la Hollande a porté une profonde atteinte au commerce du beurre de ce pays, et cela comme suit : la Hollande avait de tout temps une très importante exportation en produits laitiers, entre autres en beurre de conserve de première qualité. Une grande partie de ce beurre s'écoulait rapidement et naturellement vers l'industrielle Angleterre, pays qui doit s'alimenter en produits agricoles par les importations des autres pays. L'indus-

trie naissante du beurre artificiel s'empara aussitôt de ce débouché et vendit ses produits à l'Angleterre sous le nom de beurre hollandais [1]. C'est à cette circonstance aussi bien qu'à la situation favorable de la Hollande pour le commerce maritime de la margarine, que l'industrie hollandaise du beurre artificiel doit sa splendeur, et conséquemment c'est de là qu'est né un excès de fabriques, lesquelles assurément ont fini par apporter dans les dernières années un excès de production. Comme le beurre artificiel put alors être livré à un prix infiniment plus bas que le vrai beurre, et souvent sous le nom de ce dernier, il a ainsi pu s'introduire dans le vieux débit du beurre naturel hollandais.

Mais à cause de la différence de goût, ce quiproquo ne pouvait naturellement pas durer longtemps. Dès le début, les consommateurs et les marchands ne s'aperçurent de rien ; peu à peu cependant, les cas augmentèrent, une moins bonne expédition ou un nouvel emploi culinaire fit naître la répugnance des acheteurs. La désagréable découverte d'un produit qui avait le nom de beurre hollandais alors qu'il n'en était que la contrefaçon étant faite, la répugnance a appliqué son sceau à toute marchandise portant ce nom, et l'on a acheté du beurre danois ou suédois, qui n'est pas falsifié et que des agents zélés introduisent sur le marché anglais pour combler le vide naissant.

Cependant il s'agit essentiellement ici du remplacement sur un marché donné du beurre naturel d'un pays par le beurre artificiel fabriqué dans le même pays. Cette situation étant donnée, on voudra peut-être se placer au point de vue économique général et dire que, pour un même pays, l'argent gagné soit par l'industrie ou l'agriculture restant dans ce pays, le résultat final est le même ; mais, selon moi, on ne peut assez se persuader que ce point de vue est absolument doctrinaire et ressemble aux principes économiques dans lesquels l'école de Manchester se prélassait.

Il ne faut pas seulement tenir compte de la valeur du gain, mais aussi de la répartition de celui-ci, et celle-ci est pour la production

1. Je ne pense pas que les fabricants de beurre artificiel soient coupables de cette mystification à laquelle ils ne peuvent avoir recours. Cette fraude se commet en deuxièmes ou troisièmes mains.

agricole de la plus haute importance et d'un effet des plus favorables; en outre, le discrédit qui atteint subitement la production se fait sentir par une diminution dans la valeur de la terre agricole, diminution qui épouvante les économistes circonspects. Enfin, le beurre artificiel n'est que pour une faible partie le produit du travail national; le plus gros du gain va donc arrondir la bourse des Américains ou d'autres étrangers. La valeur du beurre naturel, au contraire, se compose entièrement du travail privé fait dans le pays même, et l'argent gagné sur le beurre artificiel peut servir en paiement d'une très faible partie du travail national, de même que s'il était gagné sur le vrai beurre.

La situation sera la même pour les départements du nord de la France que pour la Hollande. Dans les dernières années, ceux-ci ont fait une exportation de beurre de plus en plus grande. Cette exportation a été apparemment troublée par l'introduction du beurre à la margarine. Cependant la situation de la Hollande sera toujours un exemple classique, parce que dans aucun autre pays la laiterie ne vient en première ligne dans toutes les productions comme dans ce dernier (sans en excepter le Danemark). Partout où s'est présentée une situation aussi fâcheuse, on a cherché naturellement à la faire disparaître; c'est ainsi que j'ai déjà dit ailleurs : S'il y avait un moyen certain de discerner le beurre artificiel dont le commerce d'exportation peut se servir, la production prendrait alors un nouvel essor dans une tout autre direction. Le consommateur qui veut employer le vrai beurre artificiel reçoit pareille livraison, et la consommation du succédané ne peut jamais jeter le discrédit sur la vraie marchandise, même si toutes deux venaient du même pays. Le beurre artificiel, qui est toujours une marchandise de qualité moyenne, ne peut jamais concourir avec le beurre de première qualité. L'exportation du beurre hollandais ne souffrirait que lorsque le beurre de qualité moyenne serait remplacé par le produit artificiel. Le prix du beurre de première qualité ne serait pas atteint, ce qui est important, et c'est précisément sur cette marchandise que l'on fait les plus beaux bénéfices. Le producteur de beurre de qualité ordinaire serait entraîné à produire une marchandise de première qualité; comme cette tendance constituerait une situation satisfaisante, on doit tâcher d'arriver à ce résultat par tout moyen, et si ce moyen consiste à savoir

distinguer du beurre imité par voie chimique, alors il doit naturellement être accepté. Ainsi précisément, nous touchons à la valeur d'une pareille méthode, de laquelle nous croyons pouvoir nous dispenser pour le contrôle du marché national, parce qu'ici chaque consommateur peut rester en relation avec son fournisseur, qui lui livre une marchandise d'un bon goût durable et parce que, pour le producteur, la concurrence n'est pas aussi immédiatement à craindre.

Des moyens actuels dont nous disposons pour reconnaître les falsifications.

Parmi les méthodes simples qui sont actuellement à notre disposition pour reconnaître les falsifications dans le beurre, et spécialement l'addition de margarine, on doit mentionner surtout les suivantes, que j'ai décrites dans ma brochure précitée.

1° *La dégustation.* — On étend le beurre sur des pommes de terre cuites et égouttées et on le soumet à la dégustation. C'est ainsi que le beurre artificiel montre le mieux un goût désagréable de suif.

2° *Méthode de Donny.* — On fond du beurre dans un tube d'essai, on le chauffe pendant un certain temps au-dessus du point d'ébullition de l'eau (environ 150°). L'essai fait avec le beurre véritable donne, pour un même volume, une écume plus forte que celui fait avec du beurre artificiel; avec ce dernier, l'ébullition est tumultueuse et l'on a des coups violents; même par suite de l'addition d'eau au beurre naturel, il se produit à peine des chocs perceptibles.

3° *Le poids spécifique du beurre fondu déterminé au point d'ébullition de l'eau avec la balance de Mohr ou avec l'aréomètre* (appelé dans ce cas *butyromètre*). — Le beurre naturel a un poids spécifique d'environ 0,867 et le beurre artificiel 0,859. Ici se présente une difficulté, car le beurre naturel montre aussi quelques fluctuations de densité, dépendant surtout, à ce qu'il paraît, de la période de lactation et de la nourriture. C'est ainsi que du beurre d'hiver, provenant de vaches presque sèches et nourries avec du tourteau de palmier, avait un poids spécifique presque aussi faible que celui du beurre artificiel; il est vrai qu'il n'était nullement de première qualité.

Mélangé avec des quantités variables d'huile d'arachide, le beurre artificiel peut présenter des poids spécifiques différents. On voit par là combien la preuve si simple du poids spécifique perd de sa valeur comme critérium. Seulement quant à l'addition d'huile d'arachide au beurre artificiel, il est à remarquer qu'elle dépend de certaines conditions de température, sinon on obtiendrait un produit ou trop fluide ou trop dur. Concernant les fluctuations du poids spécifique du beurre naturel, on ne doit pas perdre de vue qu'il ne s'agit pas de savoir distinguer, à un moment déterminé, un produit donné, de toutes les sortes de beurre naturel possible, mais ordinairement de distinguer ce produit d'un beurre naturel d'une production déterminée, obtenu dans certain mois, provenant d'une contrée connue, beurre dont les oscillations de densité d'ailleurs beaucoup plus faibles, seront naturellement bientôt connues du bureau de recherches.

4° *Recherches microscopiques.* — *a*) Dans le beurre artificiel, les bulles d'air en général sont plus grosses et un peu moins nombreuses que dans le beurre naturel.

b) Observé à la lumière polarisée avec plaque de gypse interposée, on reconnaît facilement dans le beurre artificiel, par les différentes couleurs, les masses graisseuses cristallines qui se rencontrent seulement dans les graisses solides qui ont été fondues une fois. Le travail le plus énergique ne détruit presque jamais les dernières traces des substances jadis cristallines, tandis que le beurre naturel récent n'est jamais cristallin.

Du beurre naturel ayant séjourné longtemps dans des endroits à température variable présentera assurément, et principalement à la surface, de fortes cristallisations à gros cristaux. Néanmoins, une aussi bonne méthode rendra de bons services au chercheur expérimenté.

5° Mélangé avec un peu d'acide sulfurique concentré, le beurre artificiel se colore en brun clair; le beurre naturel prend une couleur plus rouge; cette dernière s'affaiblit facilement.

6° Si ces essais préliminaires ne donnent pas la certitude désirable, on doit avoir recours à l'une ou l'autre des méthodes quantitatives. Celles-ci ayant toutes à peu près les mêmes mérites, il est inutile de les exposer l'une après l'autre. J'ai toujours préféré la méthode de

Reichert, d'après laquelle on saponifie une certaine quantité de la graisse fondue; le savon est ensuite décomposé par l'acide sulfurique, et, en prenant certaines précautions, on distille la totalité des acides gras volatils. Le beurre artificiel contient seulement de très petites quantités d'acide de ce genre, mais le beurre naturel en renferme une proportion très peu variable; le titre en acide du distillat donne immédiatement un critérium de la pureté, et même, dans certaines limites, du degré de falsification au moyen de quantités appréciables de graisse étrangère.

Les méthodes précitées, et généralement connues, ont toutes leurs inconvénients, que l'expérience des dernières années a encore mieux fait ressortir. Quelques-unes, comme la méthode par la cuisson de Donny et celle consignée sous le n° 5 ci-dessus, paraissent très caractéristiques quand elles sont exécutées avec deux produits formés, l'un de beurre de margarine pur, l'autre de beurre naturel pur, mais les réactions se confondent quand on agit sur des mélanges. Maintes autres réactions sur lesquelles s'est basée l'analyse ne sont pas aussi caractéristiques qu'il y avait lieu de le croire dès le principe, alors que l'on avait affaire à des préparations de beurres naturels et de beurres artificiels moins différents entre eux qu'aujourd'hui.

La détermination comparative du poids spécifique des graisses fondues donne encore aujourd'hui de bons points de repère, mais comme méthode quantitative, ce procédé ne sera plus employé actuellement comme autrefois, lors de la construction du *margarymètre;* depuis surtout que les différences de densité du beurre naturel dues à l'influence de diverses circonstances extérieures ont été reconnues et que l'on a ajouté au beurre de margarine des quantités de plus en plus considérables d'huile végétale, dont la concordance de densité se rapproche plus de celle du beurre naturel que de celle de la margarine même.

Avec les méthodes chimiques qui reposent toutes sur la teneur plus ou moins grande en acides gras volatils et en acides gras fixes provenant de la graisse du corps et de la graisse du lait, on a même constaté des différences plus grandes qu'on ne l'avait cru possible antérieurement. Il en résulte que l'on peut encore reconnaître du

beurre artificiel comme tel, mais avec une addition de 33 p. 100 environ de beurre artificiel au beurre naturel, l'expertise ne peut plus donner que des probabilités. A quoi peut servir une pareille méthode, si les chimistes des fabriques restent, dans leur savoir, sur le même pied que les hommes compétents des bureaux analytiques, et s'ils ajoutent des quantités de plus en plus considérables de butyrine à leurs produits artificiels, comme cela se fait déjà généralement partout? En outre, cette méthode qui dure des heures et qui demande pour son exécution des appareils de chimie, est impossible pour le contrôle du marché. J'ai eu le plus grand espoir de pouvoir améliorer l'analyse microscopique n° 4, de manière à l'employer comme véritable contrôle du marché. Le problème posé par la pratique consiste essentiellement à pouvoir reconnaître dans le beurre l'addition de graisses étrangères. Eh bien, ces graisses étrangères doivent, pour imiter le beurre dans sa consistance, être en partie des graisses figées à la température ordinaire. Ces graisses figées ont dû être fondues, parce que, dans tous les cas, elles doivent être soumises à des procédés d'épuration pour lesquels la fusion est indispensable. La graisse du beurre naturel, au contraire, qui fond à la température du sang, n'a pas encore été fondue en masse, quels que soient les procédés différents de fabrication du beurre naturel. Elle existait bien comme graisse fondue dans les globules butyreux et elle s'est solidifiée dans la montée de la crème, mais tant qu'elle était liquide, elle a été empêchée de se figer par la caséine. Il y a donc ici une différence entre la structure du beurre et celle de son succédané, différence qui doit être reconnue d'une manière ou de l'autre, et c'est précisément là-dessus que repose la polarisation du beurre artificiel figé en masse graisseuse et présentant par là de gros cristaux, tandis que le beurre naturel non fondu ne montre que des cristallisations microscopiques dans l'intérieur des globules graisseux, dont l'effet polarisant ne peut être reconnu que sous un très fort grossissement.

Dans la fabrication du beurre artificiel, on cherche bien, autant que possible, à faire disparaître cette différence de structure, rien que pour enlever à celui-ci son éclat suspect. Le traitement de la margarine dans la baratte, dans lequel, « d'après les indications ori-

ginales de l'ingénieur inventeur de la fabrication du beurre artificiel », le tissu cellulaire du pis de la vache doit nécessairement intervenir, a même précisément pour but de donner au succédané toutes les propriétés physiques et en partie les propriétés chimiques du vrai beurre. Quant à la théorie de ce procédé, on a été jusqu'à supposer, et même à regarder comme démontré, que par l'effet du ferment du pis de la vache, la margarine peut se transformer en une espèce de graisse butyreuse, dans laquelle les acides gras volatils ne manqueraient pas. J'ai trouvé dans la presse des notices traitant ce sujet, notamment dans ce qu'ont écrit là-dessus les Américains C. Meymoss, Fidy et G. W. Wigner, et cela m'a donné l'occasion de traiter la margarine fondue et émulsionnée dans l'eau par de l'extrait de pis de vache; mais dans la margarine ainsi traitée, je n'ai pu, par la méthode de Reichert, constater aucune augmentation en acides gras volatils.

Quoi qu'il en soit, la bonne division de la margarine préalablement fondue, réussit si bien à certains fabricants de beurre artificiel par l'emploi de cette méthode d'émulsion, que même le microscope polariseur ne donne plus d'indications et que l'on ne constate plus de grandes différences de couleur; il en est d'ailleurs de même du beurre naturel qui a été pendant quelque temps exposé au soleil : il prend toutes les propriétés polarisantes de la graisse qui a été fondue. Des observateurs habiles parviennent quand même, par toutes sortes de caractères accessoires, à distinguer sous le microscope polariseur, le beurre artificiel du beurre naturel. Mais la méthode n'est ni sûre, ni assez élégante pour pouvoir être recommandée comme appropriée au contrôle des marchés.

Des considérations semblables concernant la différence de structure du beurre naturel et du beurre artificiel, au contraire, m'ont enfin mis sur la voie de la découverte d'un moyen pratique que je crois propre à faire reconnaître la fraude. *Si en effet l'émulsion artificielle des graisses déjà fondues ne peut jamais être obtenue aussi complètement qu'elle existe dans le lait par suite de l'origine naturelle de celui-ci, et qu'elle ne peut encore être détruite dans la crème et même dans le beurre, alors il faut qu'on puisse reconnaître, par voie purement mécanique, une partie de la graisse entre les globules butyreux.*

Pour confirmer ce qui précède, nous ajoutons : la difficulté d'émulsionner la graisse fondue à la manière de la graisse naturelle du beurre a été constatée récemment et d'une manière toute particulière dans la fabrication des fromages artificiels. Cette méthode ingénieuse, transplantée d'Amérique en Europe, consiste à additionner une graisse étrangère de peu de valeur au lait qui a été écrémé pour la fabrication du beurre et qu'on a ensuite fait cailler avec de la présure.

Une méthode plus récente a encore mieux appris à connaître cette difficulté : on ajoute du saindoux au lait écrémé et l'on emploie ce lait artificiel à l'élevage du veau. Cette méthode, soit dit en passant, me convient mieux, parce qu'elle ne favorise pas la falsification. On employait de fortes machines (même des machines centrifuges, quoique celles-ci eussent un effet opposé) et cependant on n'atteignait pas complètement le but, parce que ce lait artificiel s'écrémait toujours plus facilement que le lait naturel. Pour la même raison, on se donne, dans la fabrication du beurre artificiel, toutes les peines imaginables pour obtenir, par la manipulation, la même distribution caractéristique de la graisse que celle qui distingue le beurre naturel, sans atteindre, comme nous le verrons bientôt, complètement le but. (C'est ici que nous arrivons à l'explication de ce qui précède.) Les globules graisseux renferment plus que de la graisse, car si on les agite avec de l'éther, ils ne sont solubles qu'en partie, ils possèdent encore le reste d'une organisation, entre autre une enveloppe albuminoïde, comme on le croyait jadis, mais qui est plutôt une couche de caséine concentrée et d'autres éléments du sérum, comme on s'exprime aujourd'hui d'après l'état actuel de la science. Maintenant, si plusieurs de ces globules butyreux se réunissent pendant l'écrémage et forment pendant le barattage de grandes masses de globules agglomérés, ces globules sont plutôt collés ensemble que coulés l'un dans l'autre, et les restes de l'ancienne structure se conservent, et cela d'autant mieux que la formation du beurre, par opposition à la pseudo-formation de ce produit dans la fabrication du beurre artificiel, se fait à une température bien inférieure à celle de la fusion de la graisse du beurre. Si cette hypothèse est vraie, il faut qu'il reste et qu'on puisse encore constater par des moyens ap-

propriés, une différence essentielle dans la structure du beurre ferme. D'autant plus que dans du beurre artificiel de toute nature, dont la margarine et l'huile d'arachide forment en plus ou moins grande partie la substance fondamentale, on peut séparer beaucoup plus facilement la graisse fondue que dans le produit naturel. J'ai trouvé cette conclusion finale complètement confirmée par des essais; il résulte de ces derniers, *que non seulement on peut reconnaître rapidement et facilement le beurre de margarine, contenant plus ou moins d'huile d'arachide, mais aussi le produit naturel auquel on a ajouté du beurre artificiel dans des proportions telles que cette addition puisse se faire économiquement, et que, conséquemment, on puisse rencontrer des beurres de ce genre dans le commerce.*

Dans ces essais, il ne s'agit en quelque sorte que d'opérer à une température déterminée, parce que, naturellement, à une trop haute température, le vrai beurre fond aussi, et alors toutes les différences de structure sur lesquelles la méthode repose, seraient définitivement perdues.

Cependant j'ai trouvé qu'on peut chauffer le beurre naturel un peu au-dessus de sa température de fusion propre, ou, ce qui est plus exact, au-dessus de la température de fusion de la graisse y contenue, sans que pour cela la différence de structure se perde, parce que la présence de cette structure (qu'on peut supposer être, par exemple, les restes des enveloppes des globules) oppose quelque résistance à la fusion intime. La température ordinaire de fusion de la graisse du beurre est de 37 degrés centigrades; la température à laquelle j'opère est de 40° centigrades. Si à cette température on agite du beurre naturel avec 20 fois son poids d'eau un peu alcalinisée par de la soude, la fusion n'a pas encore lieu. Avec le beurre artificiel ou avec un mélange dans lequel ce dernier n'entre que pour un quart, il se forme une masse de graisse fondue, correspondant à la quantité de graisse étrangère qu'il renferme.

Dans le mélange crémeux qui monte, on ne peut pas, en effet, reconnaître avec une précision suffisante l'état particulier sous lequel se trouvent les particules graisseuses. Si on lave ce mélange crémeux dans un entonnoir avec de l'eau à la même température, de manière à ce qu'il s'écoule de l'eau avec de la graisse lavée, et si,

par un lavage ultérieur avec de l'eau tiède on tient le tout dans un mouvement continuel, on voit apparaître, dans le cas de la présence de graisse étrangère, des gouttelettes de graisse à la surface de l'eau (une cuisinière les appellerait des yeux de graisse), tandis que le beurre naturel, à cause de sa répartition en globules microscopiques, laisse, par cette opération, tout au plus un fin dépôt caséeux sur les parois de l'entonnoir. Ce dépôt peut être distingué de toutes les manières possibles des gouttes de graisse.

Cette méthode offre sur toutes celles connues jusqu'à ce jour, le grand avantage que la margarine et autres graisses étrangères qui y étaient mélangées se concentrent et sont retenues en nature, tandis que le vrai beurre qui est toujours additionné au beurre artificiel pour masquer ce dernier, est plus ou moins complètement éliminé. Il résulte de là, qu'en cas de doute, toute autre méthode peut être combinée avec celle-ci et que l'examen de la graisse éliminée donne une solution qu'on chercherait vainement à trouver par l'examen du mélange original de graisses. Cette méthode est, en outre, d'après mon expérience, assez sûre pour que, dans la plupart des cas pratiques, on puisse se dispenser de toute autre recherche supplémentaire. De plus, elle est si simple, qu'elle peut être appliquée par toute personne non chimiste ayant un peu d'esprit d'observation. Elle est si rapide qu'un opérateur seul, sans aucun secours, peut facilement faire six essais à l'heure et plus encore. Les appareils sont peu coûteux et ils peuvent être employés dans une halle ou dans un marché couvert.

Cette méthode peut s'effectuer pratiquement de la manière suivante :

Méthode simple de recherche.

On prend avec une cuillère appropriée le beurre de l'échantillon ; on rase l'excès et l'on enlève avec le doigt les 0gr,6 environ restant, que l'on met dans un tube d'essai dans lequel se trouvent 12 centimètres cubes d'eau alcalisée par quelques gouttes de lessive de soude à 2 p. 100 ; on ferme le tube d'essai avec le pouce et l'on agite énergiquement. On met alors le tube d'essai au bain-marie à la température de 37-40 degrés ; ce bain-marie peut être utilisé pour plu-

sieurs tubes. Quand le contenu du tube d'essai a pris la température du bain-marie, on agite encore quelques fois, toujours le pouce sur l'ouverture; ensuite on verse cette émulsion dans un entonnoir en verre ordinaire, de dimension moyenne, fermé par le bas au moyen d'un tube en caoutchouc muni d'une pince. On lave plusieurs fois avec de l'eau à 37-40 degrés Celsius, on ouvre un peu la pince de manière qu'un fort jet d'eau s'écoule de l'entonnoir, en même temps qu'on a soin d'ajouter de l'eau à 37-40 degrés Celsius, de telle sorte que l'entonnoir ne se vide pas. (On se sert avantageusement d'une pissette munie d'un thermomètre.) Après que la graisse a été ainsi en contact avec environ 400 centimètres cubes d'eau, on ferme doucement la pince, de manière que les dernières portions d'eau s'écoulent lentement. Si le beurre examiné est pur, on trouvera alors, après ce lavage et après le refroidissement de l'entonnoir, sur les parois de ce dernier, une masse caséeuse finement divisée, tandis que l'addition de seulement un quart de beurre artificiel se trahit par les gouttes de graisse qu'on aura, dans ce cas, déjà remarquées lors du lavage.

Cette méthode, d'après mon expérience, donne un résultat décisif quand il s'agit de mélanges de beurres artificiels avec le beurre d'hiver ordinaire. Quelques sortes de beurres frais d'herbages ont au contraire une température de fusion tellement basse, qu'il s'en sépare aussi des gouttes graisseuses. Dans ce cas, on travaille à une température plus basse de 35-37 degrés, ou, cependant, la distinction se fait encore plus facilement par une autre méthode, laquelle repose sur les propriétés différentes de la matière colorante naturelle du bon beurre et de la matière colorante du beurre artificiel; elle peut être employée dans le cas précédent, parce que le beurre naturel d'herbages est par lui-même tellement coloré, qu'il n'est jamais nécessaire de lui ajouter du colorant. Cette méthode se résume comme il suit :

Moyen de reconnaître les colorants dans le beurre.

On introduit dans un tube d'essai un peu plus de beurre que pour la méthode précédente, environ 2 grammes, on y ajoute un volume égal d'alcool, on chauffe ensuite pendant quelque temps de manière

à presque atteindre le point d'ébullition de l'alcool. La coloration artificielle est facile à reconnaître parce que le beurre pur ne donne jamais la moindre trace de coloration à l'alcool, tandis que la couleur artificielle se répartit assez régulièrement dans ce liquide et dans la graisse fondue ; même avec un mélange de beurre coloré et de beurre non coloré, la méthode est encore tellement caractéristique qu'elle permet d'en estimer les quantités proportionnelles. On voit par là, combien il est peu prudent de colorer, comme on a l'habitude de le faire, les beurres blancs d'hiver.

Dès le principe, on ne voulait que donner au beurre blanc d'hiver, moins estimé, l'aspect du beurre d'herbages ou de fourrages ; c'est ainsi qu'a commencé la falsification. On a dû reconnaître par la suite que cette tromperie rendait beaucoup plus difficile la preuve d'une falsification plus importante, dont le succès nuisait énormément à l'industrie honnête. Si l'on ne s'était jamais engagé dans cette voie, il serait maintenant facile de découvrir les succédanés qui doivent dans tous les cas être colorés artificiellement, tandis qu'à présent nous devons, dans certains cas, nous servir de la combinaison de deux méthodes.

Heureusement que la manipulation est tellement simple qu'elle nous permet d'espérer qu'elle se propagera en pratique.

Les lignes qui suivent démontrent l'utilité de la méthode décrite précédemment. Avant que je ne connusse la propriété de la plus facile fusibilité de quelques sortes de beurres d'herbages, et alors, du reste, que j'avais déjà élaboré la méthode de manière que je croyais être sûr d'un essai, je me fis préparer, par un de mes préparateurs, douze échantillons de beurre naturel, de beurre artificiel et des mélanges des deux dans diverses proportions. On dressa ensuite une liste que je n'avais pas vue et qui indiquait la nature des échantillons. Après deux heures nécessaires pour l'analyse de ces douze échantillons de beurre, la liste résultant de mes expériences fut confrontée avec celle qui m'avait été cachée jusque-là. On voit par ce qui suit que je ne me suis pas trompé, excepté pour le cas du nº 12. C'est ce qui m'a forcé à ajouter plus tard à ma méthode le supplément donné plus haut.

ÉCHANTILLONS PRÉPARÉS.	RÉSULTATS TROUVÉS.
1. Beurre artificiel de M. Mouton, à La Haye	Beurre artificiel.
2. Beurre naturel d'un cultivateur	Beurre naturel.
3. Mélange du nº 1 et du nº 2 à parts égales	Beurre artificiel.
4. Beurre artificiel d'Antoine Jungens-Oss	Beurre artificiel.
5. Beurre artificiel de Jean Van den Griend et Z. S'Bath	Beurre artificiel.
6. 2/3 beurre naturel nº 10, 1/3 beurre artificiel nº 5	Mélange de beaucoup de beurre naturel avec un peu de beurre artificiel.
7. 2/3 beurre naturel nº 12, 1/3 beurre artificiel de Crame et Scheer, à Nimègue	Mélange de beurre naturel et de beurre artificiel.
8. 2/3 beurre naturel nº 2 et 1/3 beurre artificiel nº 5	Mélange de beaucoup de beurre naturel et de peu de beurre artificiel.
9. Beurre artificiel de V. S. V. D. Bergh-Osche	Beurre artificiel.
10. Beurre naturel de l'École d'agriculture de Wageningen	Beurre naturel.
11. Mélange, par parts égales, de nº 10 et de nº 1	Mélange de beaucoup de beurre artificiel avec du beurre naturel.
12. 1er beurre d'herbages d'un cultivateur	Mélange de beaucoup de beurre artificiel avec du beurre naturel.

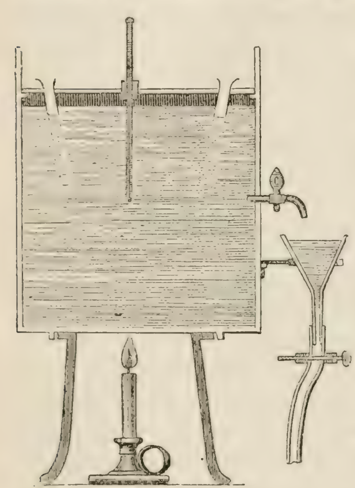
Le cas nº 12 peut, par la combinaison de la méthode avec la recherche de la matière colorante, être considéré comme résolu. Je n'ai cru pouvoir rien faire de mieux que d'insérer dans ce travail le protocole de ces analyses dans sa réalité.

Plus tard la méthode modifiée a été soumise à l'Exposition agricole d'Amsterdam à une commission spéciale nommée pour ce but et a été récompensée par une médaille d'or.

Manière de se servir de l'appareil.

On prend à l'aide de la petite cuillère, jointe à l'appareil, du beurre de l'échantillon à examiner après avoir râclé l'excès avec un couteau, on enlève de la cuillère le beurre restant (environ 0gr,6) et l'introduit dans un tube à essais : on lave avec environ 12 centimètres cubes d'eau alcalisée par 2 gouttes d'ammoniaque à 6 p. 100. Après avoir été agité énergiquement en ayant soin de mettre le pouce sur l'ouverture, le tube à essais est introduit dans un des trous du cou-

vercle du bain-marie en zinc. Ce dernier est rempli d'eau de pluie maintenue à la température de 37 degrés centigrades, à l'aide d'une chandelle ou de tout autre moyen de chauffage. Le contenu du tube à réaction doit, après avoir pris la température du bain-marie, être quelques fois encore énergiquement agité. Après quelques minutes de digestion, on vide le contenu du tube à essais dans l'entonnoir, fermé en dessous par une pince, et on le rince quelques fois avec l'eau tiède du récipient placé au-dessus de l'entonnoir.



On ouvre alors un peu la pince de telle sorte que l'eau en s'écoulant ne forme pas de tourbillon. On laisse couler l'eau du récipient de manière que l'entonnoir ne se vide pas tout à fait. Lorsque l'eau n'entraîne plus rien, on ferme la pince complètement, après avoir laissé écouler lentement presque toute l'eau restante. Avec du beurre pur (non falsifié avec de la graisse étrangère), on doit trouver sur les parois de l'entonnoir refroidi de la substance caséeuse finement divisée ; tandis que l'addition de seulement un quart de beurre artificiel ou de toute autre graisse, qui a été préalablement fondue, se décèle par la présence de grosses gouttelettes de graisse, semblables à celles qu'on a vues à la surface du liquide pendant le lavage. Cette méthode donne un résultat décisif si la falsification s'est effectuée sur du beurre d'hiver avec alimentation à l'étable. Avec du beurre frais d'herbage du mois de mai, au contraire, il peut arriver, qu'à cause de la grande facilité de fusion de ce dernier, il se montre par la méthode décrite plus haut quelques gouttelettes de graisse ; mais dans ce cas la distinction dans pareils mélanges est encore plus facile, en opérant d'après la méthode ci-dessous.

Tout beurre artificiel est artificiellement coloré, tandis que le beurre d'herbage n'a pas besoin de colorant artificiel. — Malgré cela, le beurre frais d'herbage donne aussi, d'après la méthode décrite ci-dessus, de bons résultats, si la température à laquelle on opère est quelque peu inférieure à 37 degrés C.; environ 35 degrés C. — Une erreur causée par une oscillation de température n'est pas encore possible pour cette raison, qu'une température trop basse est toujours facile à reconnaître par une incomplète émulsion des globules butyreux, et les suites de cette méprise ne peuvent être que de se voir dans l'obligation de recommencer l'opération à une température un peu plus élevée.

Recherche simple des colorants du beurre.

On traite 2 grammes environ de beurre dans un tube à essais par le même volume d'alcool, on chauffe jusqu'à l'ébullition.

La couleur artificielle est alors facile à reconnaître, même s'il ne s'en trouve seulement qu'une faible fraction dans le beurre à examiner, en comparant la couleur de la couche alcoolique surnageante avec celle de la graisse butyreuse liquéfiée.

Dans le cas où il n'y a aucun colorant artificiel, la couche alcoolique est complètement incolore et le beurre a conservé son aspect originaire. Avec du beurre contenant du colorant, l'alcool peut paraître aussi fortement coloré que la graisse butyreuse et lorsque l'on examine les mélanges, la coloration reste entre ces deux cas extrêmes.

STATISTIQUE

DES

STATIONS AGRONOMIQUES

ET DES

LABORATOIRES AGRICOLES

DES ÉTATS DE L'EMPIRE ALLEMAND

Traduit de l'allemand[1]

PAR J. RISLER

PRÉPARATEUR A L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

ROYAUME DE PRUSSE

PROVINCE DE PRUSSE

Station agronomique d'Insterbourg. — Fondée en 1858, par la Société centrale d'agriculture de Lithuanie et de Masovie.

La Station a été ouverte dans le but de faire des recherches de physiologie végétale et plus spécialement pour l'essai des engrais et des semences. Elle s'occupe depuis peu de l'examen des aliments et boissons.

Subventions : De l'État, 3,750 fr. ; de la Société, 1,500 fr. ; produit des analyses, environ 5,000 fr.

Directeur : Dr W. Hoffmeister. — *Préparateur :* Dr J. Perl.

Station agronomique de Kœnigsberg. — Fondée en 1875, par la Société centrale d'agriculture de la Prusse orientale.

1. *Prof. Dr Friedrich Nobbe.* Die Landwirthschaftliche Versuchs- und Control-Stationen und agriculturchemische Laboratorien, in den Staaten des Deutschen Reiches. — *Mentzel's* landwirthschaftlicher Kalender, 1886, p. 315.

La Station a pour mission d'exercer un contrôle sur les engrais, les fourrages et les semences, elle s'occupe aussi de recherches agricoles.

Subventions : De l'État, 3,750 fr. ; le produit des analyses s'élève à 10,625 fr. environ.

Directeur : Dr G. Klien. — *Préparateur :* Dr A. Nahm.

Station agronomique de Dantzig. — Fondée en 1877, par la Société centrale d'agriculture de la Prusse occidentale.

Cet établissement est placé sous la direction d'un membre du comité de la Société centrale d'agriculture et d'un comité de surveillance composé de cinq membres.

La Station comprend : Un laboratoire de chimie dirigé par le Dr M. Siewert ; une Station d'essais de semences sous la direction du Dr Œmler.

Subventions : L'État et la Société versent chacune 10,750 fr.

PROVINCE DE BRANDEBOURG

Station agronomique de Dahme. — Fondée en 1857, par une Société d'agriculture de l'arrondissement de Jüterbogk-Luckenwald.

La Station s'occupe de travaux de physiologie végétale ; elle jouit d'une subvention de 15,375 fr.

L'administration est confiée à un comité de cinq membres de la Société, présidé par le conseiller Schütze, de Heinsdorf.

Directeur : Dr F. Fittbogen. — *Préparateurs de chimie :* Dr O. Fœster, Dr E. Niederhauser et Dr J. Sauermann. — *Préparateur de botanique :* Dr Grœnland.

Laboratoire de la Société des distillateurs allemands. — A Berlin, N. Invalidenstrasse, 42.

Le laboratoire possède un budget de 100,000 fr., il est administré par un comité de trente membres de la Société, présidé par M. H. Kiepert.

Directeur : Prof. Dr Max Delbrück. — *Directeur du laboratoire :* Dr M. Hayduck. — *Préparateurs :* Dr Saare, Dr Hasse, Dr Fott. — *Préparateurs de technologie :* Dr Wittelshœfer, Dr Heinzelmann,

Dr Mohr, Stenglein, Goslich. — *Directeur de la section agronomique :* Dr Lange.

Laboratoire d'essais et école de brasserie. — A Berlin. Invalidenstrasse, 42, Berlin, N.

Le budget s'élève à 28,750 fr. — Comité de surveillance composé de neuf membres.

Directeur : R. Rœsicke ; *Directeur scientifique :* Prof. Dr M. Delbruch, suppléé par le Dr M. Hayduch. — *Préparateurs :* Dr Reineke, Dr Mohr et Dr Schütt.

Les questions agronomiques sont confiées au Dr Lange, rédacteur en chef du *Journal hebdomadaire de la Brasserie.*

PROVINCE DE POMÉRANIE

Station agronomique et d'essais de semences de Regenwalde. — Fondée en 1863, par la Société économique de Poméranie, pour des études de physiologie végétale et des recherches sur la constitution du sol.

Subventions : De l'État, de la province et de la Société fondatrice, 8,250 fr.

Directeur : Prof. Dr H. Birner. — *Sous-directeur :* Dr Troschke ; — *Préparateur :* M. Neubert.

L'établissement possède des serres.

Laboratoire agricole d'Eldena. — Fondé en 1878, par la Société centrale baltique.

Cette Société désire favoriser l'avancement de l'agriculture et faciliter les essais d'engrais, de fourrages et de semences.

La subvention du laboratoire est de 625 fr., donnés par la Société.

Directeur : M. v. Homeyer.

PROVINCE DE POSEN

Station agronomique de Posen. — Établie en 1877, par le déplacement et la réunion des stations précédemment fondées à Kuschenn en 1861 et à Bromberg en 1873.

La Station est ouverte pour des recherches d'alimentation du bétail,

de viticulture et d'agriculture ; elle est aussi chargée du contrôle des fourrages et des semences. La surveillance administrative est exercée par le comité de la Société provinciale d'agriculture de Posen.

Directeur de la Station : Dr E. Wildt. — *Préparateur :* Dr R. Luders.

L'établissement possède une serre, on doit sous peu y installer une écurie d'expériences ; il jouit d'une subvention de 14,250 fr. du ministère de l'agriculture, de 1,875 fr. du Conseil provincial, de 3,750 fr. des Sociétés d'agriculture.

PROVINCE DE SILÉSIE

Station agronomique de Breslau. — Transférée en 1877 d'Ida-Marienhutte à Breslau, cet établissement dépend de la Société centrale d'agriculture de Silésie et possède à l'Institut agronomique, un laboratoire complet pour des recherches scientifiques sur l'alimentation des animaux et des végétaux. Il s'occupe également de l'essai des engrais et des fourrages.

Subventions : De l'État, 5,625 fr., les frais complémentaires sont supportés par la Société centrale d'agriculture, en tant que le produit des analyses ne les couvre pas.

Directeur : Prof. Dr Holdefleiss. — *Préparateurs :* Dr Klein, Dr B. Schulze, Dr Barisch.

Institut de chimie animale de Breslau. — Cet Institut, fondé en 1869 à l'Académie de Proskau, a été transféré en 1881 à l'Université de Breslau. Il comprend, comme précédemment, une station de physiologie animale, un laboratoire d'enseignement et des écuries d'expériences. Le ministère de l'instruction publique donne une subvention annuelle de 3,937 fr. pour couvrir les frais des recherches qu'il confie au laboratoire.

Directeur : Prof. Dr H. Wieske. — *Préparateur :* Dr E. Flechsig. — *Préparateur du laboratoire d'enseignement :* Dr R. L. Krüger.

Station de physiologie végétale de l'Institut royal pomologique de Proskau. — Cette Station a été fondée, en 1873, à l'Institut pomologique par le ministère d'agriculture de Prusse ; elle a pour but l'étude

des maladies des plantes et s'occupe principalement des recherches d'arboriculture fruitière.

Subvention : De l'État, 1,875 fr.

Directeur : Dr P. Sorauer. — *Préparateur :* Dr Tschaplowiz.

École de laiterie de Proskau. — Cette école, ouverte le 1er octobre 1878 par la Société centrale d'agriculture de Silésie, possède un laboratoire de recherches scientifiques et pratiques, une laiterie modèle, et a pour mission de répandre l'enseignement de la laiterie ainsi que de faire progresser cette branche d'industrie.

Subventions : De l'État, 5,000 fr. ; du Conseil provincial, 6,250 fr. et 500 fr. des sociétés et des particuliers.

Directeur : Dr M. Schmœger. — *Préparateur :* R. Krüger.

L'établissement possède une collection de plans, de modèles, d'appareils et une laiterie parfaitement bien montée dans laquelle on traite chaque jour 120 litres de lait.

Station d'essais de semences à l'Institut de physiologie végétale de l'Université de Breslau. — Fondée en 1875, par la Société d'agriculture de Breslau, qui verse une subvention de 1,000 fr.

Directeur : Dr Ed. Eidam.

PROVINCE DE SAXE

Station agronomique de la Société centrale d'agriculture de Halle.— Transférée de Salzmunde à Halle en 1865 ; elle jouit d'une subvention de 6,250 fr. de l'État ; de 2,500 fr. du Conseil provincial ; l'essai des engrais rapporte 31,250 fr. ; les analyses diverses 43,750 fr. Le total des recettes s'élève à 83,750 fr. Cet établissement s'occupe de travaux sur l'alimentation des animaux ainsi que de l'essai des engrais, des fourrages et des semences. Il possède un beau laboratoire, un appareil pour l'étude de la respiration, des écuries d'expériences, des serres et un jardin d'essais.

Directeur : Prof. Dr M. Maercker. — *Préparateurs :* Dr Morgen, Dr v. Wilm, Dr v. Eckenbrecher, Dr Reibstein, Dr Cygnäus, Dr Waas, Dr Kruger. — *Botaniste :* Dr v. Bretfeld. — *Secrétaire :* Tyroff.

Laboratoire de physiologie, champ d'expériences et jardin d'acclimatation de l'Institut agronomique de l'Université de Halle. — Fondée de 1863-1865 par le ministère de l'instruction publique de Prusse.

Directeur : Prof. Dr J. Kühn. — *Préparateur de chimie :* Prof. Dr Kirchner. — *Préparateur du laboratoire de physiologie :* Dr Schwab. — *Préparateur chargé des essais de culture :* G. Gründ. — *Administrateur du champ d'expériences et du jardin :* R. Mentzel.

Station d'essais de semences, annexée à l'École d'agriculture d'Arendsee. — Fondée en 1875.

Direction : Dr A. Pagel, directeur de l'École d'hiver et professeur itinérant de la Société d'agriculture.

PROVINCE DE SCHLESWIG-HOLSTEIN

Station agronomique de Kiel. — Fondée en 1871 par la Société d'agriculture du Schleswig-Holstein, réorganisée et agrandie en 1877.

Subventions : 7,500 fr. de l'État ; 7,500 fr. de la province ; produit des analyses, 10,625 fr. ; revenu d'une métairie, 4,250 fr., soit au total 29,875 fr.

La Section de chimie agricole est installée pour l'essai des engrais et des fourrages, on y fait en même temps des analyses diverses, des recherches de physiologie végétale et des essais de culture.

Directeur : Prof. Dr A. Emmerling. — *Préparateurs :* Dr G. Loges et Dr A. Metger.

La Section de laiterie possède un laboratoire de chimie, une crémerie, une cave pour les beurres et les fromages, une grange et une étable de 10 vaches.

Elle est chargée d'étudier les traitements du lait au point de vue scientifique et pratique, et principalement la préparation des beurres et des fromages ainsi que les meilleurs moyens pour leur conservation. On y fait aussi des essais de machines pour la laiterie, des expériences d'alimentation pour la production du lait. Ces travaux sont appuyés de cours spéciaux.

Station d'essais de semences attachée à l'école d'agriculture de Kiel.
Directeur : Dr H. Rodewald.

PROVINCE DE HANOVRE

Station agronomique de Göttingue. — Fondée en 1857 à Weende, par la commission centrale de la Société royale d'agriculture de Celle avec le concours de l'État. La Station, établie principalement pour l'étude de l'alimentation des animaux de la ferme, a été transférée en 1877 à Göttingue.

Subventions : De l'État et de la Commission centrale, environ 11,250 fr. Le directeur et deux préparateurs sont logés. L'administration appartient à un comité de trois membres de la Société d'agriculture. La direction administrative est confiée au conseiller Creydt, à Harste, la direction scientifique au professeur Dr Henneberg à Göttingue. — *Préparateurs :* D^r Th. Pfeiffer et Dr F. Lehmann. Cet établissement possède un appareil de Pettenkofer, pour l'étude de la respiration. On y trouve une étable, une bergerie et une porcherie.

Laboratoire de contrôle pour les produits alimentaires, les engrais, les fourrages et les semences. — Ce laboratoire est rattaché à l'École d'agriculture et à la station agronomique de Göttingue. Fondé en 1876 par la Société d'agriculture de Göttingue-Gruvenhagen, il est placé sous la surveillance du directeur de l'École d'agriculture et du président de la Société d'agriculture.

Directeur : Dr E. Kern.

Laboratoire et champ d'expériences de l'École d'agriculture de l'Université de Göttingue. — Fondé en 1872-1875 par le ministère prussien de l'instruction publique.

Directeur : Prof. Dr G. Drechsler. — *Préparateur :* Dr Edler.

Station agronomique d'Hildesheim. — Fondée en 1870 par la Société agricole et forestière d'Hildesheim, elle passe le 1er janvier 1878 à la Société royale d'agriculture de Celle. Cet établissement est ouvert pour le contrôle des engrais, des fourrages et des semences ; on y fait aussi des analyses industrielles pour la sucrerie et la laiterie.

On s'occupe d'essais d'engrais et de technologie agricole. Depuis 1872, le directeur de la station a ouvert un cours de sucrerie.

Directeur : Dr Karl Muller. — *Préparateurs :* Dr Aumann, Dr Laible.

Subventions diverses : de 18,750 fr. à 25,000 fr.

Station d'essais de semences à Bremervorde. — Fondée en 1876.

Directeur : Dr Kœpke.

Laboratoire de contrôle pour les semences, les fourrages et les engrais à Erbstorf. — Fondé en 1871, pour l'essai des semences par l'initiative de la Société provinciale agricole et forestière de la principauté de Lunebourg, on lui adjoignit en 1881 un laboratoire pour l'essai des engrais et des fourrages.

Subvention : De la Société provinciale, 125 fr. Les frais d'entretien sont en grande partie couverts par le produit des analyses.

Directeur : Dr F. Bente.

PROVINCE DE WESTPHALIE

Station agronomique de Münster. — Fondée en 1871, par la Société provinciale d'agriculture de Westphalie et Lippe pour le contrôle des engrais, des fourrages, des semences et l'étude de questions scientifiques.

Subventions : De l'État, 6,500 fr. ; du Conseil provincial, 5,000 fr. ; de la Société, 2,362 fr. ; les analyses d'engrais et de fourrages rapportent 10,418 fr. ; les autres analyses, 3,750 fr., soit au total 28,030 fr.

Directeur : Prof. Dr J. Kœnig. — *Préparateurs :* Dr E. Bœhmer, Dr H. Weigmann, H. Schmid, Dr Koehler et Dr H. Hirzel.

PROVINCE DE HESSE-NASSAU

Station de chimie agricole et d'essais de semences de Marbourg. — Fondée et subventionnée par la Société centrale d'agriculture de Cassel, l'État et la municipalité.

Directeur : Prof. Dr Ch. Dietrich. — *Préparateur :* Aug. Hesse.

Station agronomique de Wiesbaden. — Réorganisée le 1[er] janvier 1881 comme établissement de la Société agricole et forestière de Nassau avec une subvention de l'État en remplacement de l'ancienne station d'études économiques. Elle s'occupe de l'essai des engrais et des fourrages.

Directeur : D[r] R. Fresenius. — *Préparateurs :* H. v. Beyer ; L. Jahnl.

Laboratoire de viticulture et d'arboriculture à Geisenheim (Rheingau). — Fondé en 1872 par le ministère d'agriculture prussien et annexé à l'École de viticulture et d'arboriculture de Geisenheim.

Directeur : D[r] G. Muller-Thurganu. — *Préparateur :* P. Kulisch.

Le D[r] J. Moritz est chargé de la partie chimique.

PROVINCE RHÉNANE

Station agronomique de Bonn. — Fondée en 1856 par la Société d'agriculture des provinces rhénanes pour l'essai des engrais, des semences et des fourrages. La Station s'occupe de recherches agricoles ; elle possède depuis 1884 une serre et un laboratoire spécial pour l'essai des matières fécales.

Subventions : 5,175 fr. de l'État ; 1,250 fr. de la province ; 18,750 fr. par le contrôle des engrais ; 1,875 par l'essai des semences et des fourrages ; 5,075 fr. analyses diverses. Total des recettes : 32,125 fr. L'établissement est administré par cinq membres de la Société.

Directeur : D[r] A. Stutzer. — *Préparateurs :* D[r] Paysan, Reitmers, Beckers, Karlova et un secrétaire.

Laboratoire de l'Académie agricole de Poppelsdorf. — Fondé en 1856 par l'État pour des recherches de chimie et de physiologie végétale.

Subvention de l'État : 13,406 fr.

Le laboratoire est placé sous la surveillance de la direction de l'Académie.

La direction du laboratoire est confiée au prof. D[r] U. Kreusler. — *Préparateurs :* D[r] Dafert, D[r] Tacke.

Il existe des écuries d'expériences pour des recherches d'alimentation.

Le champ d'expériences de l'Académie est placé sous la direction du Dr Dreisch.

Le laboratoire particulier de l'Académie est disposé en vue de recherches de chimie agricole.

ROYAUME DE BAVIÈRE

Station agronomique de Bavière, à Munich. — Fondée en 1857, pour l'étude de la physiologie végétale et animale, par le comité de la Société d'agriculture de Bavière ; réorganisée en 1869, elle est devenue depuis 1872 un établissement de l'État et est rattachée à l'École industrielle. Le comité d'administration se compose : du directeur de l'École industrielle, du directeur de la section agricole de cette même École, du directeur de la Station agronomique, du secrétaire général de la Société d'agriculture de Bavière, de trois délégués du ministère de l'instruction publique et de huit agriculteurs nommés par les comités régionaux d'agriculture de Bavière.

Directeur : Prof. Dr F. Soxhlet. Trois préparateurs. Les essais de semences sont confiés au Dr Harz.

Le laboratoire possède de belles collections d'histoire naturelle, ainsi qu'une collection de tous les appareils qui ont été décrits pour l'analyse du lait. Il y a aussi une écurie d'expériences, une serre et un jardin d'essais.

La subvention annuelle du ministère est de 15,000 fr.

Laboratoire de physique agricole et champ d'expériences de l'École industrielle de Munich. — Fondés en 1875.

Subvention du ministère de l'instruction publique : 5,000 fr.

Directeur : Prof. Dr E. Wollny. — *Préparateur :* G. Zwanziger.

Section chimique de brasserie à l'École royale d'agriculture de Weihenstephane. — Cette Station, ouverte en 1866 pour l'essai des matières premières et des appareils employés dans la brasserie, est aussi appelée à étudier les questions scientifiques qui s'y rattachent. Elle possède une petite brasserie pour les essais, une grande bras-

serie mue par la vapeur, une distillerie. — On a annexé à cette Station une culture d'orge qui se fait dans les champs de l'État et un jardin où se trouvent 64 variétés de houblon que l'on soumet à l'essai.

Directeur : Prof. Dr E. Lintner. — *Préparateurs :* Krandauer, Dr Ulsch.

Station scientifique pour la brasserie, à Munich. — Le « laboratoire de brasserie », créé en 1874 pour l'étude des questions de brasserie, pour l'essai de nouveaux appareils et pour l'analyse chimique, appartient depuis 1877 à une société de brasseurs, qui en confie l'administration à un comité de sept membres.

La subvention du laboratoire est constituée par la cotisation annuelle des membres de la société, qui est au minimum de 125 fr. Les membres de la société jouissent d'un tarif spécial pour les essais qu'ils présentent au laboratoire.

Depuis le mois de septembre 1881, la Station est installée dans une maison construite pour cette destination.

Directeur : L. Aubry. — *Préparateurs :* Dr J. Brand, Dr H. Will, A. Lang.

Laboratoire agricole d'Augsbourg. — Fondé en 1865, à Memmingen, par cinq comités régionaux d'agriculture, il a été transféré en 1869 à Augsbourg.

Subvention de la Société d'agriculture de Schwaben et Neubourg : 5,625 fr., et de plus le produit des analyses faites au laboratoire.

Directeur : Dr B. Dietzell. — *Préparateur :* E. Dull.

Laboratoire agricole de Bayreuth. — Fondé en 1867 par la Société d'agriculture de la Franconie supérieure et rattaché au laboratoire de chimie de l'École régionale de Bayreuth. On fait dans ce laboratoire des essais d'engrais, de fourrages, de sols et de semences ; il est administré par M. von Burchtorff et par le comité de la Société d'agriculture.

Subvention : 688 fr.

Directeur : Th. Wegler.

La Station de contrôle des matières alimentaires, qui avait été rattachée en 1877 à ce laboratoire, en a de nouveau été détachée.

Station viticole de Wurzbourg et *laboratoire pour l'essai des matières alimentaires.* — Fondé en 1877 par la Société de viticulture de la Franconie inférieure, le laboratoire est rattaché à l'École professionnelle de Wurzbourg et est administré par le comité de la Société.

La subvention est de 5,000 fr. Les locaux sont ceux de l'École professionnelle.

Directeur : Dr Edm. List, et un préparateur.

Le vignoble du roi et les caves de la cour sont mis à la disposition de la Station, qui y organise des recherches.

Station agronomique de Spire et laboratoire officiel pour l'essai des matières alimentaires. — Sous le contrôle de l'État.

La direction des deux établissements est confiée au Dr Anton Halenke.

La section agricole a été fondée en 1875 par le comité régional de la Société d'agriculture du Palatinat. — La Station est chargée de recherches de physiologie végétale, ainsi que de l'essai des engrais, des fourrages et des semences. — *Préparateur :* A. Scheibe.

La section pour l'essai des matières alimentaires, créée en 1884 par l'État pour tout le Palatinat, est subventionnée par le comité de la Société d'agriculture du Palatinat. On exécute, dans ce laboratoire, des essais de matières alimentaires, des recherches de chimie industrielle, des expertises judiciaires et administratives.

Préparateur : Dr W. Moslinger.

La subvention des deux sections réunies s'élève à 3,125 fr. du département ; 2,375 fr. des fabricants d'engrais ; 1,875 fr. de l'État ; 750 fr. de la ville ; 3,125 fr. de recettes du laboratoire ; 3,125 fr. de la Société d'agriculture. Soit au total : 14,375 fr.

Station agronomique de Triesdorf. — Fondée en 1874, par le comité régional de la Société d'agriculture de la Franconie moyenne. La Station est établie à l'École régionale d'agriculture de Triesdorf, pour des recherches d'agriculture et de technologie agricole, ainsi que pour l'essai des engrais et des fourrages.

Depuis 1876, cet établissement s'occupe aussi de l'essai des semences et organise des conférences scientifiques.

Subvention : 1,875 fr. du département et du comité d'agriculture.

Directeur : Dr Schreiner. — *Essai des semences :* Dr C. Kraus. La Station possède une serre et un champ d'expériences.

Station agronomique et laboratoire d'essais de semences à l'École industrielle de Landshut. — Fondée en 1876 par le comité régional de la Société d'agriculture de la basse Bavière.

Subvention : 125 fr.

Directeur : Dr Botz. — *Préparateur :* von Schelhatz.

ROYAUME DE SAXE

Station agronomique royale de Mœckern. — Créée en 1851 pour l'étude de la physiologie animale, par la Société économique de Mœckern et constituée définitivement le 28 décembre 1852, avec le concours de l'État et de la Société d'agriculture de Leipsig. L'État a pris ce laboratoire à sa charge depuis le 1er janvier 1879 ; il est administré par un délégué de la Société économique de Leipsig, par trois délégués du ministère de l'intérieur, ainsi que par le directeur de la Station.

Directeur : Prof. Dr G. Kühn. — 5 préparateurs.

Subvention : 28,862 fr. dont 7,375 fr. de la fondation du Dr Wilhem Crusius.

Le nouvel établissement possède un appareil de Pettenkofer pour l'étude de la respiration, une étable d'expériences avec un appareil de chauffage spécial et six stalles dont deux sont disposées de façon à pouvoir recueillir les excréments.

Laboratoire de Pommritz pour l'étude de la physiologie végétale et animale, pour des essais de culture, ainsi que pour le contrôle des engrais et des fourrages. — Fondé en 1857 à Weidlitz par la Société d'agriculture de Bautzen et le comité de la haute Lusace, sur l'instigation de M. R. Remung et du Dr Hermann, de Weidlitz. Le laboratoire a été transféré en 1864 à Pommritz, il est pourvu d'une écurie d'ex-

périences, d'une serre, de jardins et de champs d'expériences et de plusieurs pièces de terre.

L'administration est confiée à deux délégués de la Société d'agriculture, à trois délégués du Conseil provincial, à un commissaire du Gouvernement et au directeur de la Station.

Directeur : Prof. D^r Ed. Heiden. — *Préparateurs :* Dr E. Günz, A. Schlimper, O. Tœpelmann ; un secrétaire.

Subvention : 22,212 fr. de l'État, du Conseil provincial et de la Société d'agriculture.

Laboratoire de chimie physiologique de l'École vétérinaire de Dresde. — Fondé en 1862, réorganisé en 1876 par le ministère royal le l'intérieur ; le laboratoire est installé pour des recherches chimiques, physiologiques et pathologiques appliquées aux animaux domestiques. L'administration est confiée à la Commission royale vétérinaire.

Directeur : Prof. Dr Ellenberger. — *Chimiste :* Prof. Dr B. Hofmeister.

Subvention : 3,750 fr.

Station de physiologie végétale et laboratoire d'essais de semences à Tharand. — Ce laboratoire s'occupe de physiologie végétale, de cultures sur l'eau, de l'essai des semences et de recherches microscopiques. Il a été créé en 1869 par la Société d'agriculture de Dresde et repris par l'État en 1875. Les subventions s'élèvent à 6,250 fr. ; 7,500 fr. de l'État ; 375 fr. de la Société d'agriculture de Dresde et environ 1,875 fr. pour l'essai des semences. L'Académie forestière de Tharand fournit les locaux de la Station, les produits chimiques et les appareils. La Station est administrée par un commissaire du Gouvernement, par le conseiller d'agriculture de la province de Saxe, par la Société d'agriculture de Dresde, par l'Académie de Tharand et le directeur de la Station.

Directeur : Prof. Dr F. Nobbe. — *Préparateur de physiologie végétale :* Dr P. Grassmann (par intérim Dr Markfeldt). — *Préparateur de chimie :* H. Bünger.

La Station possède une serre en fer et en verre, et une installation complète pour l'essai des graines.

Laboratoire de chimie agricole de Döbeln. — Cet établissement est rattaché à l'École d'agriculture de Döbeln; il a été fondé en 1872 par le ministère royal de l'intérieur, il est aussi subventionné par le ministère de l'instruction publique. Il a été institué en vue d'étudier les propriétés physiques et chimiques du sol et de faire des essais de culture qui s'exécutent en même temps que des essais d'engrais sur une pièce de terre de 25 ares qui dépend de l'École d'agriculture.

Directeur : Dr W. Wolf.

ROYAUME DE WURTEMBERG

Station agronomique de Hohenheim. — Fondée en 1865 par l'État pour l'étude des fourrages, des essais de culture et le contrôle des engrais.

Directeur : Prof. Dr E. v. Wolff. — *Sous-directeur :* Prof. Sieglin. — *Chimistes :* Dr E. Kreushage, Dr Mehlis.

Subventions : De l'État, 13,750 fr. et 1,250 fr. environ par le contrôle des engrais.

La Station possède une serre en verre et des caisses de terre maçonnées en ciment, un champ de 2 hectares, une écurie d'expérience et un manège en fer pouvant servir de dynamomètre pour les chevaux.

Établissement pour l'essai des semences à Hohenheim. — Créé par l'État en 1877.

Subventions : De l'État, 2,625 fr. et environ 1,250 fr. par l'essai des semences.

Directeur : Prof. Dr O. Kirchner. — *Préparateur :* Dr J. Michalowski.

GRAND-DUCHÉ DE BADE

Station agronomique de Carlsruhe. — Fondée en 1859 par son directeur, le Prof. Dr J. Nessler, pour l'étude des questions agricoles et principalement de la culture et des traitements à appliquer aux plantes industrielles (la vigne et le tabac).

L'État donne une subvention annuelle de 16,250 fr., ainsi que les locaux.

Station de physiologie végétale à Carlsruhe. — Fondée en 1872 pour l'essai des semences et les recherches sur les maladies des plantes. Elle jouit d'une subvention de 4,250 fr. Les expériences de physiologie végétale se poursuivent au jardin d'essais.

Directeur : Prof. Dr L. Just. — *Préparateur :* Dr Beinling.

GRAND-DUCHÉ DE HESSE

Laboratoire de la Société d'agriculture de Hesse, à Darmstadt. — Fondé en 1871 avec le concours du Gouvernement du Grand-Duché de Hesse, rattaché en 1874 au Conseil provincial pour le contrôle des engrais, des fourrages, des semences et les essais de terre et de fumures. Ce laboratoire est administré par le secrétaire général de la Société d'agriculture (représentant du Gouvernement), par deux délégués des trois Sociétés provinciales d'agriculture de la région.

Directeur : Prof. Dr P. Wagner. — *Préparateurs :* Dr F. Becker, Dr Weller.

Subventions et produit des analyses : 22,500 fr.

GRAND-DUCHÉ D'OLDENBOURG

Laboratoire agricole d'Oldenbourg. — Fondé en 1876 par la Société d'agriculture d'Oldenbourg pour le contrôle des engrais, des semences, des fourrages, ainsi que pour des études scientifiques.

Directeur : Dr P. Petersen.

DUCHÉ DE BRUNSWICK

Station agronomique de Brunswick pour les recherches de chimie technologique. — Fondée en 1862 par l'ancienne Société agricole et forestière, aujourd'hui « Société centrale d'agriculture du duché de Brunswich », elle est administrée par la comité de cette Société.

Directeur : Dr Hugo Schultze. — *Préparateur :* Dr Goltschke.

La Station contrôle les engrais, les semences, les fourrages et fait des essais de fumure sur les betteraves à sucre et les asperges.

Subventions : De l'État, de la Société d'agriculture et d'autres sociétés, avec le produit des analyses, 17,500 fr.

GRAND-DUCHÉ DE MECKLEMBOURG

Station agronomique de Rostock, pour l'étude de la physiologie végétale et l'essai des fourrages. — Créée en 1876 par l'État avec le concours de la Société patriotique. La Station est administrée par quelques membres de cette Société et par le directeur de l'établissement.

Directeur : Prof. Dr Heinrich. — *Préparateurs :* Dr M. Dehne, Dr A. Schuster, Dr H. Schmiedl et Dr W. Wagner, un secrétaire et un chef des cultures.

Les frais du laboratoire sont couverts par des contributions volontaires recueillies dans le pays, par une subvention de la Société patriotique, ainsi que par le produit des analyses d'engrais, de fourrages et de semences, qui s'élève à 35,000 fr. environ. L'établissement possède une serre, une écurie d'expériences et un champ de six hectares et demi.

Station laitière de Raden, près Lalendorf. — Fondée en 1876 par l'initiative d'agriculteurs mecklembourgeois avec l'aide du comte de Schlieffen-Schlieffenberg et l'appui particulier du grand-duc de Mecklembourg. Cette Station est rattachée à l'École de laiterie de Raden, elle est chargée de compléter l'instruction pratique des élèves de cette école et d'étudier les questions laitières. Elle possède une étable de 200 vaches.

Directeur : Prof. Dr W. Fleischmann. — *Préparateur :* Dr J. Berender. — *Chef de la laiterie :* J. Jäger.

Subvention : 13,750 fr.

GRAND-DUCHÉ DE SAXE-WEIMAR

Station agronomique d'Iéna.

Direction : de la section agricole : Prof. Dr Liebscher ; de la section chimique : Prof. Dr Reichardt ; de la section de physiologie animale : Dr Schuster ; trois préparateurs chargés du contrôle des engrais, des fourrages et des semences.

Subventions : Des États de Weimar et Altenbourg, ainsi que de la Société d'agriculture, 4,500 fr.

Laboratoire de chimie agricole à Zwangen. — Créé pour l'étude des questions d'agriculture pratique, sous la direction du Dr E. Stöckhardt, à Weimar.

Directeur : Dr Kleinstuck.

DUCHÉ DE SAXE-MEININGEN

Laboratoire agricole de Eisfeld.— Fondation particulière, en 1872, du duc de Saxe-Meiningen, pour l'étude industrielle des engrais, etc.

Chimiste : Dr Otto Claus.

DUCHÉ D'ANHALT

Laboratoire agricole de Cœthen, pour l'étude de la culture de la betterave à sucre et l'essai des fourrages. — Fondé en 1864 par la Société centrale d'agriculture de Cœthen avec le concours d'agriculteurs et d'industriels.

Directeur : Dr F. Heidepriem (chimiste assermenté de l'État) et un préparateur.

La subvention est constituée par le produit des analyses et un versement annuel de l'État de 1,125 fr.

Station agronomique de Bernbourg. — Fondée en 1882 par le gouvernement du duché d'Anhalt et entretenue par lui avec une subvention de la Société de l'industrie sucrière de l'Empire allemand. Cette Station est installée pour des études de physiologie appliquées à la culture des betteraves à sucre. Elle possède une serre et un champ d'expériences d'un hectare.

Le conseil d'administration se compose d'un délégué du Gouvernement d'Anhalt, de trois délégués de la Société de l'industrie sucrière et du directeur de la Station.

Subvention : 28,875 fr.

Directeur : Prof. Dr H. Helbriegel. — *Préparateurs :* Dr H. Wilfarth, Dr H. Rœmer, Dr R. Günther.

ALSACE-LORRAINE

Station agronomique d'Alsace-Lorraine à Rouffach. — Fondée en 1874 par l'administration d'Alsace-Lorraine pour l'étude de la physiologie végétale et plus particulièrement de l'œnologie ; elle s'occupe aussi du contrôle des engrais, des fourrages, des semences et des matières alimentaires.

Subventions : De l'administration, 14,250 fr. ; produit des analyses, 5,300 fr.

Directeur : Dr C. Weigelt. — *Préparateurs :* Dr A. Looss, J. Rotheit.

VILLE DE BRÊME

Station pour la mise en culture des mœres, des marais et des landes à Brême. — Fondée en 1877 par la Commission centrale des mœres, instituée par le ministère prussien de l'agriculture. Les frais d'installation se sont élevés à 18,750 fr. et ont été supportés par le ministère prussien de l'agriculture. L'État de Brême a mis des bâtiments à la disposition de la Station.

Subventions : 36,687 fr. de l'État ; 500 fr. de la Société d'histoire naturelle de Brême ; 500 fr. de la Société d'agriculture de Brême ; 2,625 fr. revenus divers. Soit au total 40,312 fr.

L'administration de l'établissement est confiée à la Commission centrale des mœres et à la Société d'histoire naturelle de Brême.

Directeur : Dr M. Fleischer. — Un agronome sous les ordres du directeur : Dr A. Salfeld. — *Préparateurs :* Dr Brunnemann, G. Seyfert. — Deux agriculteurs praticiens : F. Gaaz, B. v. d. Hellen.

RAPPORT

SUR

L'ORGANISATION ET LE FONCTIONNEMENT

DES STATIONS AGRONOMIQUES EN PRUSSE

Traduit de l'allemand [1]

PAR J. RISLER

PRÉPARATEUR A L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

ORGANISATION ET PERSONNEL DES STATIONS

LABORATOIRES AGRICOLES ANNEXÉS A DES ÉCOLES D'AGRICULTURE

Institut de chimie physiologique de Breslau.

L'institut ressort au ministère royal de l'instruction publique. La direction de l'établissement est confiée au prof. Dr H. Weiske. — *Préparateurs :* Dr B. Schultze et Dr E. Flechsig. Le laboratoire d'enseignement pour la chimie agricole est dirigé par M. E. Hiller.

Laboratoire de chimie de Kœnigsberg.

Ce laboratoire ressort au ministère royal de l'instruction publique, et est dirigé par le Dr Ritthauren, professeur de l'Université. — *Préparateur :* Paul Behrend.

Institut agronomique de Kiel.

Cet établissement ressort au ministère royal de l'instruction publique ; il est placé sous la direction du Dr Backaus. — *Préparateur et directeur de la station d'essai des semences :* Dr Rodewald.

---

1. Jahresbericht über das agrikultur-chemische Versuchswesen in Preussen für das Jahr 1884. *Thiel's* landwirthschaftliche Jahrbücher, tome XIV. Supp. II, 1885, p. 63.

Laboratoire de physiologie agricole de l'Institut agronomique de Halle.

Ce laboratoire ressort au ministère royal de l'instruction publique. Le prof. Dr Kühn dirige le laboratoire en même temps que l'institut agronomique avec le concours du prof. Dr Kirchner; Dr Schwab, G. Grund et de M. Meuzel, administrateur.

Académie de Poppelsdorf.

La direction du laboratoire est confiée au Dr Dunkelberg, directeur de l'Académie d'agriculture. *Chef des laboratoires :* prof. Dr Kreusler. — *Préparateurs :* Dr Dafert et Dr Tacke.

STATIONS AGRONOMIQUES

Kœnigsberg.

La Station, ouverte en novembre 1875, a été créée par la Société centrale d'agriculture de la Prusse orientale. Elle est administrée par un comité de cinq membres de cette Société :

MM. Alfieri, de Koppershagen; Kreiss, secrétaire général; Dr Ritthausen, Conrad Goerken, Gaedeke-Powayen, propriétaires.

Directeur de la Station : Dr G. Klien. — *Préparateur :* Dr Nahm.

Insterbourg.

Créé par l'initiative de la Société centrale d'agriculture de Lithuanie et de Masovie. Le directeur de cette Station et un conseil d'administration dirigent cet établissement.

Directeur technique : Dr W. Hoffmeister. — *Préparateur :* Otto Hulander.

Dantzig.

Fondée par la Société centrale des agriculteurs de la Prusse occidentale.

La Station agronomique est administrée par un comité composé

de MM. Plehn-Lichtenthal et Plehn-Lubochin, propriétaires; Kempe-Heiligenwalde, fermier des Domaines; Dr Oemler, secrétaire général; sous la présidence de M. Conrad-Frouza.

Directeur du laboratoire : Prof. Dr Siewert.

Dahme.

La Société d'agriculture de l'arrondissement de Juterbogk-Luckenwalde a créé cette Station et a nommé un comité directeur de cinq membres. Ce sont MM. Schultze, Barthold, conseillers; Kuster, Pittelko, Schwietzke, propriétaires.

Directeur du laboratoire : Prof. Dr Fittbogen. — *Préparateurs :* Dr Schiller, Dr Fœrster, Niederhauser. — *Préparateur de physiologie végétale :* Dr Groenland.

Regenwalde.

La Station agronomique est placée sous la haute direction de la Société économique de Poméranie.

Directeur du laboratoire : Prof. Dr Birner. — *Sous-directeur :* Dr Troschke. — *Préparateur :* Neubert.

Eldena.

Fondée par la Société centrale de la Baltique, pour l'avancement de l'agriculture à Greifswald. La Station est placée sous la direction du président de la Société et de deux membres : le comte Schwerin, de Putzar, et le comte de Behr, de Baudelin. *Chimiste :* von Homeyer.

Posen.

La Station, fondée par la Société provinciale d'agriculture de Posen, est placée sous la surveillance du président de la Société.

Directeur : Dr E. Wildt. — *Préparateur :* Dr Laatsch.

Breslau.

La Station a été créée par la Société centrale d'agriculture de Silésie ; la surveillance administrative est exercée par un comité de cinq membres : MM. Dr Lœwig, de Breslau ; le conseiller Korn, de

Breslau ; le baron von Richthofen, propriétaire, et le directeur de la Station, Prof. Dr Holdefleiss. — *Préparateurs :* Dr Klein, Dr Barisch et Dr Klopsch.

Proskau.

Le ministre de l'agriculture a créé ce laboratoire de physiologie végétale. Il est dirigé par le conseiller Stoll, directeur de l'Institut royal pomologique, ainsi que par le Dr Sorauer, botaniste, et le Dr Tschaplowitz, chimiste.

Halle.

La Société centrale d'agriculture de la province de Saxe a fondé ce laboratoire agricole et délègue son président pour l'administrer.

Directeur : Prof. Dr Maercker. — *Préparateurs :* les Dr Morgen, von Wilm, von Eckenbrecher, Reibstein, Baessler, Waas, Krüger et le Dr von Brettfeld, botaniste.

Kiel.

Fondée par la Société générale d'agriculture du Schleswig-Holstein. La Station est administrée par un comité présidé par M. Bokelmann et composé du prof. Dr Kasten, de MM. Wibel, Ludemann et Boyssen.

Directeur de la section de chimie agricole : Prof. Dr A. Emmerling. — *Préparateurs :* Dr G. Loges et Dr S. Metger.

Directeur de la section de la laiterie : Dr M. Schrodt. — *Préparateur :* O. Henzold.

Hildesheim.

La Station agronomique fondée par l'association agricole et forestière de la principauté d'Hildesheim appartient, depuis le 1er janvier 1878, à la Société royale d'agriculture de Hanovre. Le comité de cette Société a nommé un conseil d'administration composé des conseillers von Kaufmann, Hoppenstedt et du prof. Dr Henneberg.

Directeur : Dr Karl Müller. — *Préparateurs :* Dr Carl Aumann et Dr Laible.

Gœttingue.

Créée par le comité de la Société royale d'agriculture de Hanovre. Le comité directeur est composé du conseiller Creydt et du prof. Dr Henneberg, qui est en même temps directeur de la Station. — *Préparateurs :* Dr Th. Pfeiffer et Dr Fr. Lehmann.

Munster.

Le comité de la Société provinciale d'agriculture de Westphalie et de Lippe dirige la Station.

Direction chimique : Prof. Dr J. Kœnig. — *Préparateurs :* Dr C. Bœhmer, Dr H. Weigmann, Dr H. Kœhler et E. Schmid ; en 1884, la Station a reçu comme volontaires : MM. Dr C. Sollscher, H. Hellmann, Th. Schwartz et Numloh.

Marbourg.

Fondée par la Société centrale d'agriculture de l'arrondissement de Cassel.

Directeur : Prof. Dr Dietrich. — *Préparateur :* Aug. Hesse.

Wiesbaden.

La Station dépend de la Société agricole et forestière de Nassau.

Directeur : Dr H. Fresenius. — *Préparateurs :* H. von Beyer et L. Jahnl.

Bonn.

Créée par la Société d'agriculture de la Prusse rhénane, elle est administrée par un comité de trois agriculteurs composé de MM. Wulfling, Dick, Schumacher, et de MM. Werner et Kreusler, professeurs à l'Académie de Poppelsdorf ainsi que du directeur de la Station le Dr A. Stutzer. — *Préparateurs :* MM. Reitmeir, Paysan, Karlova et Beckers.

Geisenheim.

La Station agronomique est annexée à l'École royale d'arboriculture et de viticulture.

Directeur de la Station et de la section de physiologie végétale : Dr H. Müller. — *Préparateur :* Alex. Lackmann.

Directeur de la section de chimie : le Dr J. Moritz.

Brême.

L'établissement pour les essais de culture des Moeres, des marais, et des landes a été créé en 1877, par la commission centrale des Moeres instituée par le ministère royal de l'agriculture. L'administration en est confiée à la Société d'histoire naturelle de Brême.

Directeur : Dr M. Fleischer. — *Préparateurs :* Dr Brunnemann et F. Seyfert.

Les travaux agricoles sont surveillés par le Dr Salfeld, F. Gaaz et B. v. d. Hellen.

RECETTES

	NOMS DES STATIONS.	SUBVENTIONS de l'État.	SUBVENTIONS de la province.	SUBVENTIONS des sociétés.	CONTRIBUTIONS particulières.	REVENUS spéciaux et produit des analyses.	RECETTES diverses.	TOTA[L]
		fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr.
1	Kœnigsberg	3.750 »	»	375 »	»	10.846 20 [1]	»	14.971
2	Insterbourg	3.750 »	»	2.250 »	»	5.250 »	»	11.250
3	Dantzig	5.575 »	5.575 »	»	»	6.731 25 [5]	3.275 » [6]	20.75
4	Dahme	12.750 »	»	»	»	»	»	12.750
5	Regenwalde	5.250 »	750 »	2.250 »	375 » [7]	3.180 15 [8]	43 38	11.848
6	Eldena	»	»	625 » [9]	»	4.750 » [10]	»	5.375
7	Posen	13.737 »	3.750 »	2.700 »	»	3.125 »	»	23.825
8	Breslau	5.625 »	»	»	»	9.000 »	»	14.625
9	Proskau	1.875 »	»	»	»	»	»	1.875
10	Halle	6.250 »	2.500 »	»	»	50.000 »	»	58.750
11	Kiel	7.500 »	7.500 »	»	»	15.150 » [15]	»	30.150
12	Hildesheim	5.625 »	»	450 »	1.438 62	15.833 50 [20]	7.869 » [21]	31.221
13	Göttingue	11.250 »	»	500 »	»	»	264.47	12.01[illegible]
14	Munster	9.125 »	5.000 »	2.325 »	»	12.918 75	187 50	29.55[illegible]
15	Geisenheim	13.275 » [22]	»	»	»	572 50	»	13.847
16	Marburg	4.875 »	4.875 »	193 »	301 »	6.168 »	»	16.41[illegible]
17	Wiesbaden	3.000 »	»	»	»	2.506.25	»	5.50[illegible]
18	Bonn	3.300 » [26]	»	»	»	25.450 »	»	28.75[illegible]
19	Brême	36.687 50	»	1.000 »	»	2.625 »	»	40.31[illegible]

1. Contribution des marchands d'engrais et de semences, 3,687 fr. 50 c.; contribution d'un marchand de fourrage, 187 fr. produit des analyses, 6,596 fr.
2. Loyer.
3. 3,000 fr. au directeur; 1,875 fr. au préparateur.
4. Moitié du produit des analyses, indemnité de logement, 375 fr.; frais de déplacement, 250 fr.
5. Laboratoire de chimie, 4,468 fr. 75 c.; station d'essais de semences, 2,262 fr. 50 c.
6. Loyer.
7. Contributions de 6 arrondissements agricoles.
8. Intérêts de capitaux.
9. De la Société centrale de la Baltique.
10. Contribution des marchands d'engrais, 3,625 fr.; contrôle des semences, 237 fr. 50 c.; produit des analyses, 481 fr. 2[illegible] reliquat de l'année précédente, 375 fr.; intérêts de capitaux, 31 fr. 25 c.
11. Émoluments du directeur, 3,750 fr.; du caissier, 156 fr. 25 c.; du garçon de laboratoire, 187 fr. 50 c.
12. Pour écritures, 62 fr. 50 c.; ports de lettres, 62 fr. 50 c.; chauffage et éclairage, 125 fr.; frais d'impression, 62 fr. 5[illegible] ustensiles et produits chimiques, 250 fr.; abonnements aux journaux, livres, 125 fr.; subvention pour l'essai des graines, 1[illegible]
13 et 14. Frais supportés par l'Institut pomologique.
15. Section de chimie agricole: contrôle des engrais 5,250 fr.; des fourrages, 2,000 fr.; produit des analyses, 3,000 [illegible] Section de laiterie: produit de l'étable, 4,250 fr.; contrôle du lait et analyses, 525 fr.; cours de laiterie et enseigne[illegible] 125 fr.

DÉPENSES

TRIBU- IONS harges erses.	APPOINTE-MENTS fixes.	Autres émoluments.	DÉPENSES pour le laboratoire.	MOBILIER et inventaire.	ENTRETIEN des bâtiments.	ENTRETIEN du bétail de la laiterie.	DÉPENSES diverses.	TOTAUX.
r. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
50 »[2]	5.250 »	2.711 51	2.002 60	966 76	»	»	»	11.989 90
»	4.875 »[3]	3.250 »[4]	1.625 »	1.500 »	»	»	»	11.250 »
76 25[3]	7.775 »	2.250[4] »	2.275 »	500 »	187 50	»	1.125 »	17.288 75
»	»	»	»	»	»	»	»	»
70.60	7.490 »	»	1.608 83	721 25	»	»	465 80	11.057 »
»	4.093 75[11]	»	812 50[12]	250 »	93 75	»	125 »	5.375 »
97 50	7.881 25	»	3.093 75	816 25	1.475 »	»	3.337 50	19.401 25
»	9.125 »	»	2.000 »	2.500 »	187 50	»	787 50	14.600 »
» [13]	6.750 »	»	1.875 »	»	» [14]	»	»	8.625 »
37 50	26.750 »	6.250 »	15.000 »	5.000 »	3.125 »	»	2.187 50	58.750 »
706.25	17.750 »[16]	625 »[17]	6.153 75[18]	1.125 »	1.187 50	4.452 50[19]	»	32.000 »
37 10	11.871 25	»	4.891 50	3.747 15	899 10	»	6.542 »	29.588 10
»	7.125 »	»	3.461 97	2.476 »	»	»	24 50	13.087 48
118 75	14.687 50	1.812 50	9.375 »	500 »	312 50	»	450 »	29.556 25
»	10.275 »[23]	229 »	3.343 50[24]	»	»	»	»	13.847 50
076 60	6.000 »	1.604 40	2.948 03	1.063 25	322 40	»	2.198 70	15.113 55
000 »	2.250 »	»	»	»	»	»	»	5.250 »
125 »	12.875 »	»	8.875 »	1.375 »	1.375 »	»	4.125 »	28.750 »
»	21.812 25	»	16.812 50[27]	1.687 50[28]	»	»	1.250 »	41.562 25

Section de chimie agricole : directeur, 2 préparateurs, 1 garçon ensemble, 9,250 fr. — Section de laiterie : directeur éparateur, 1 domestique, 1 fermière, 1 garçon.

. Section de chimie agricole : entretien du champ d'expériences, 375 fr. ; voyages du directeur, 125 fr. — Section de rie : voyages du directeur, 125 fr.

. Section de chimie agricole : gaz, chauffage, 1,600 fr. ; produits chimiques, 750 fr. ; fournitures de bureau, ports, livres, 00 fr. — Section de laiterie : chauffage, gaz et eau, 1,375 fr. ; matériel de la laiterie, 400 fr. ; ustensiles et produits chiues, 437 fr. 50 c. ; ports, frais d'impression, 591 fr. 25 c.

. Fermage des terres compris.

. Produit de diverses analyses, 4,596 fr. 15 c. ; contrôle des semences, 460 fr. 50 c. ; contrôle des fourrages, 959 fr. 85 c. ; trôle des engrais, 9,822 fr.

. Rétribution des élèves pour le cours de sucrerie, 6,000 fr. ; autres recettes, 1,869 fr.

. Pour le laboratoire de chimie agricole, 4,500 fr. ; pour la section de physiologie végétale, 8,775 fr.

. Section de chimie, 4,500 fr. ; section de botanique, 5,775 fr.

. Section de chimie, 343 fr. 50 c. ; section de botanique, 3,000 fr.

. On verse chaque année cette somme à M. le professeur Frésénius à charge à lui d'entretenir le laboratoire et de payer le parateur et le garçon.

. 5,000 fr. pour l'aménagement intérieur des nouveaux bâtiments de la station agronomique.

. Voyages du garçon et champ d'expériences compris.

. Bibliothèque comprise.

COMPTES RENDUS

DES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES ET PRATIQUES

DES

STATIONS AGRONOMIQUES

Pendant l'année 1884

LABORATOIRES AGRICOLES ANNEXÉS A DES ÉCOLES SUPÉRIEURES D'AGRICULTURE.

Breslau.

L'Institut de chimie physiologique de Breslau s'est occupé principalement de recherches sur l'alimentation et d'études sur la valeur alimentaire des fourrages. Cette école poursuit l'étude de questions de chimie physiologique et de méthodes analytiques de recherches. La préparation de produits pour les collections du cours occupe un certain nombre d'élèves.

Kœnigsberg.

Le laboratoire est fréquenté par les étudiants en médecine, pharmacie et histoire naturelle. On n'y reçoit pas d'analyses industrielles. Le directeur, les préparateurs et quelques élèves consacrent leur temps à des recherches scientifiques.

Kiel.

Le directeur du laboratoire s'est occupé de l'étude de la conductibilité calorifique et du pouvoir émissif des plantes et de leurs organes.

On a essayé 833 échantillons de semences de diverses espèces, tant pour leur pureté que pour leur pouvoir germinatif. On se pro-

pose de continuer en 1885 l'étude des transformations et des échanges qui se produisent pendant la germination de la graine.

Halle.

Plan des travaux de 1884.

1. Essai sur l'action que produit sur la culture l'application prolongée de diverses façons et des engrais au sol ;

2. Essai de nouvelles variétés de plantes agricoles ;

3. Moyens propres à combattre les nématodes de la betterave ;

4. Recherches sur la lupinose ;

5. Influence des plantes feuillues sur la proportion d'azote dans le sol;

6. Essai d'utilisation des fourrages ;

7. Élevage des animaux ;

8. Essai du pouvoir germinatif de quelques mauvaises herbes après leur passage dans le digesteur de M. Voegeln;

9. Recherches sur quelques maladies parasitaires des plantes.

On fait quelques analyses agricoles gratuites, on n'accepte pas d'analyses payantes.

Le directeur se propose de poursuivre les mêmes études en 1885 et de rechercher dans quelles conditions la teigne du blé se développe.

Académie de Poppelsdorf.

1. Essai des méthodes analytiques, appliquées aux matières azotées ;

2. Recherches sur l'air atmosphérique et étude de la variation du taux d'oxygène ;

3. Composition des fourrages ;

4. Recherches sur les causes qui modifient la qualité de la farine pour la préparation du pain ;

5. Recherches sur des matières sucrées et des hydrates de carbone.

Les travaux précédents seront continués en 1885, on reprendra l'étude de la respiration et de l'assimilation dans les plantes et on y joindra :

1. Une étude sur l'alimentation au moyen du sucre brut de betteraves ;

2. Analyse des gaz provenant d'une fermentation.

STATIONS AGRONOMIQUES

Station agronomique de Kœnigsberg.

Le nombre des analyses s'est considérablement accru pendant l'année 1884, on a présenté 641 échantillons de plus qu'en 1883.

Le total des analyses s'élève pour 1884 à 1,869, qui se décompose de la manière suivante :

Engrais	248
Fourrages	377
Semences	443
Terres	23
Lait et produits de la laiterie	223
Produits divers	211
Betteraves	4
Produits alimentaires	310
Total	1,869

Le directeur a entretenu une correspondance très active avec des membres de la Société centrale, au sujet de questions agricoles et industrielles.

Liste des travaux exécutés en 1884 :

1. Analyse de divers sols de la Prusse orientale ;

2. Essai des engrais potassiques ;

3. Détermination du poids de quelques racines ;

4. Action de quelques poisons sur la germination et le développement des plantes ;

5. Composition et poids des glumes des variétés d'orge de la Prusse orientale ;

6. Observations météorologiques ;

7. Rétrogradation de l'acide phosphorique soluble à l'eau, d'un phosphate contenu dans une boîte en fer-blanc.

Ces travaux, à l'exception du dernier, seront continués en 1885 ; on se propose de commencer les études suivantes :

1. Essai de culture avec le phosphate de déphosphoration des fontes ;

2. Composition d'orge et de pois cultivés sur des sols différents et avec des quantités très variables d'acide phosphorique ;

3. Détermination de l'acide arsénique dans des superphosphates ;

4. Détermination aréométrique de la matière grasse, dans le beurre écrémé, d'après le prof. Soxhlet.

Station agronomique d'Insterbourg.

Les agriculteurs ont plus largement fait appel au laboratoire de la Station pendant l'année 1884. Le nombre des analyses a été de 946, ce qui fait une augmentation de 244 sur l'exercice précédent. Remarquons que la plupart des échantillons présentés étaient des matières fertilisantes, pour lesquelles les dosages doivent être exécutés avec un très grand soin ; les semences, les fourrages, les produits alimentaires et les boissons se trouvaient en minorité. Les engrais artificiels, livrés par des marchands d'engrais, ont été très souvent reconnus bons ; on a rarement constaté un titre inférieur à la garantie.

Il y a peu d'observations à faire sur les fourrages, qui ne sont pas souvent mélangés de matières étrangères.

Les observations météorologiques ont été exécutées régulièrement pendant toute l'année. Il n'a pas été possible d'entreprendre d'autres travaux de recherches. Les analyses ont absorbé tout le temps et l'on n'a pas pu continuer pendant cette année les essais de culture que le directeur de la Station poursuivait sur la qualité de l'orge et de l'avoine avec différents modes de fumure. Le contrôle de la Station s'exerce sur vingt marchands d'engrais qui offrent à leurs clients une analyse gratuite. Cette analyse est portée en compte au vendeur au tarif habituel.

Les analyses de cette année se répartissent de la manière suivante :

Engrais	511
Fourrages	108
Semences	123
Lait et produits de la laiterie	133
Eau	27
Sols	20
Marnes, chaux, argiles	9
Produits alimentaires et boissons	4
Sel, pétrole, produits industriels	11
Total	946

Ce qui correspond à plus de 1,900 dosages.

Engrais artificiels.

On a reçu, en 1884, 310 superphosphates, 144 poudres d'os, 25 superphosphates ammoniacaux, 10 noirs en grains, 3 nitrates de soude, 2 superphosphates avec potasse et ammoniaque, 1 sel ammoniac, 1 poudrette, 4 poudres d'os dégélatinées, 1 kaïnite, 7 farines de corne, 1 cuir en poudre et 1 poussière de laine. Les superphosphates, presque tous bons, oscillent entre les taux de 16-20 p. 100; on demande peu de phosphates pauvres. Les poudres d'os riches, pour la majeure partie, étaient bien préparées. On en a observé une seule qui renfermait une forte proportion de sable. L'échantillon de poudrette qu'on a présenté était mélangé de beaucoup d'argile, de sable et de chaux; il donnait à l'analyse 0.96 p. 100 d'azote et 1.05 p. 100 d'acide phosphorique, le cuir renfermait 1.90 p. 100 d'azote, 0.30 p. 100 d'acide phosphorique, et la poussière de laine, 4.24 p. 100 d'azote.

Fourrages.

Le plus grand nombre de ces échantillons a été soumis à une détermination de pureté ou de qualité, un petit nombre seulement a été l'objet d'une analyse complète. On a examiné 40 tourteaux de lin, 23 de navette, 11 d'arachide, 11 de chènevis, 6 de coton, 2 de pavot, 2 de palmiste, 10 trèfles et 3 lupins. La proportion de protéine, dans les tourteaux de lin, varie entre 23-32 p. 100. Cette différence doit être attribuée non seulement à la proportion plus ou moins grande de matières grasses, mais bien aussi à la qualité des graines de lin que l'on met en œuvre. Les tourteaux de navette étaient souvent mélangés à un peu de terre ou de sable. On a présenté au laboratoire un petit nombre de tourteaux exotiques de coton, de palmiste et d'arachide qui étaient parfaitement purs. On peut en dire autant des trèfles dont un seul contenait 9 p. 100 de sable. Les tourteaux de graines de navette ou de chènevis exprimées à une température trop élevée, prennent une teinte plus foncée et ne possèdent pas la même valeur que les tourteaux de graines exprimées à froid. La valeur alimentaire des premières est un peu plus faible sans que l'on puisse saisir de différences notables.

Semences.

A part quelques semences pour prairies dont nous avons essayé la pureté et le pouvoir germinatif, on n'a présenté que des graines de trèfle pour la détermination du pouvoir germinatif et la recherche de la cuscute. Sur 112 échantillons de trèfle, il y en avait 42, soit 37.4 p. 100, qui renfermaient plus ou moins de cuscute, on a retrouvé ce parasite non seulement dans le trèfle rouge, mais aussi dans le trèfle blanc, le timothée et les graines de lin.

Le pouvoir germinatif du trèfle rouge correspondait à 60-90 p. 100 des graines pures, soit en moyenne 84-85 p. 100.

Eaux.

Les eaux à analyser, au nombre de 27, étaient pour la plupart très impures ; 6 échantillons d'une qualité déplorable contenaient des matières organiques azotées ; l'examen microscopique a fait trouver les organismes végétaux et animaux les plus variés.

Terres.

On a déterminé dans 20 lots la proportion d'acide phosphorique, d'azote, de chaux et de magnésie.

Marnes, chaux, argiles.

On s'est borné à doser la chaux et la magnésie. Dans les argiles, on a déterminé les matières pouvant être mises en suspension (argile proprement dite), la chaux, le sable et la matière organique.

Substances alimentaires et boissons.

Les analyses de lait forment la plus forte part. On se proposait d'étudier la qualité du lait de l'arrondissement de Gumbinnen, en tenant compte de l'alimentation, de l'époque de l'année et de la race. Il a été impossible de mener à bien cette étude, à cause de l'incertitude des échantillons qui ne représentaient pas une moyenne bien fidèle.

La police a envoyé une série d'essais de lait. Les laits très

pauvres avaient été coupés ou écrémés, ce n'est qu'après avoir pu prélever un échantillon de l'étable même qu'on a été en mesure de faire condamner le délinquant. Dans bien des cas, la richesse du lait permettait de supposer que le lait avait été coupé et écrémé. On a aussi dosé la matière grasse dans plusieurs échantillons de lait caillé et de lait écrémé au moyen d'appareils centrifuges.

Produits industriels.

L'appareil d'Abel a servi à déterminer la température d'inflammation de quelques pétroles. Elle s'éloignait peu de la température habituelle d'inflammation. Un pétrole de Russie ne s'est enflammé qu'à 31°.

Travaux particuliers.

Dans l'arrondissement de Gumbinnen, les essais de fumure pour l'avoine et l'orge ont été poursuivis et on a étudié l'influence des différents engrais sur la qualité de ces récoltes. On a cherché une méthode plus simple pour le dosage de la cellulose brute et on a essayé divers réactifs sur cette dernière.

Le directeur de la Station se propose, en 1885, d'étudier la culture du blé, de déterminer la cellulose brute dans diverses matières et de terminer les analyses de lait de l'arrondissement.

STATION AGRONOMIQUE ET STATION D'ESSAIS DE SEMENCES DE DANTZIG.

Station agronomique.

L'influence des mauvaises récoltes et la crise qui sévit sur l'agriculture, se sont fait sentir à la Station agronomique qui n'a reçu que 400 analyses, soit 40 p. 100 de moins que l'année précédente.

L'agriculteur a peu recours directement à la Station agronomique.

Les propriétaires-agriculteurs ont présenté 20 p. 100 des analyses seulement ; la plus grande partie a été apportée par le commerce, l'industrie et l'administration.

On s'explique ces faits jusqu'à un certain point les fabricants de sucre achètent leurs engrais en gros et les font analyser avant de les

distribuer aux agriculteurs chargés de la culture des betteraves. Les syndicats agricoles achètent aussi de grandes quantités de matières fertilisantes et en envoient des échantillons au laboratoire. On réduit, de cette manière, considérablement les frais d'analyse qui se répartissent sur un grand nombre de membres du syndicat ; ce genre d'association mérite d'être très largement encouragé.

Le total des analyses exécutées en 1884 s'élève à 668 analyses de contrôle, payantes et gratuites, qui se subdivisent ainsi :

Fourrages	205
Substances alimentaires et boissons	155
Betteraves à sucre	24
Graines oléagineuses	126
Engrais	91
Produits industriels	6
Terres et marnes	26
Divers	35
	668

Analyses payantes	552
Analyses de contrôle et gratuites	116
	668

Les analyses de la Station comprenaient 91 tourteaux de navette, 40 de lin, 19 de coton, 21 d'arachide, 3 de coco, 2 de palmiste, 1 de tournesol, 1 de chènevis, 1 de sésame et 2 tourteaux mélangés ; 13 échantillons de fourrage et son, 8 d'amidon, 18 de beurre, 93 de lait, 11 d'eau, 19 de vin, 24 de betteraves, 156 de graines oléagineuses, 5 de pommes de terre, 3 de maïs, 16 de terre, 10 de marne, 10 de sulfate d'ammoniaque, 13 de nitrate de soude, 55 superphosphates, 5 phosphates précipités, 5 poudre d'os, 15 pétroles, 2 échantillons de plantes malades, de la chair en poudre, des andouilles, de l'huile de lin, de l'avoine égrugée et des composts ; 1 échantillon de froment, de vinasse, d'alcool, de chicorée, de sulfate de magnésie potassé, de bioxyde de manganèse, de fumier, 11 produits indéterminés.

Graines oléagineuses.

Les échantillons de la dernière récolte renfermaient une forte proportion de moutarde et ne pouvaient pas convenir à la préparation de bons tourteaux de navette. Les graines importées des Indes

et connues sous le nom de « Counpore et de Tora » contenaient jusqu'à 15 p. 100 de *Sinapis alba*. Les graines européennes de Hongrie, de Pologne, de Russie et de la province de Prusse étaient plus pures, 11 p. 100 de ces échantillons renfermaient de la moutarde. On a présenté un échantillon qui n'était constitué que par de la poussière d'un grenier ; il renfermait principalement du *Sinapis arvensis* et 30 espèces différentes de mauvaises graines. Les tourteaux de navette et de colza, examinés immédiatement après la récolte, ont donné un taux d'huile très élevé ; 46.7 p. 100 d'huile dans les tourteaux de navette et 47.7 p. 100 d'huile dans les tourteaux de colza, bien que ces graines aient retenu 2 p. 100 d'humidité qu'elles perdent au bout de quelque temps dans les greniers.

Quoiqu'on n'ait reçu aucun échantillon de graines de lin, on a pu faire un assez grand nombre d'analyse de tourteaux de lin achetés comme fourrage par les agriculteurs, ou amenés par le commerce. Dans les pays qui sont, comme la Russie et la Pologne, les principaux centres de production de la graine de lin, on recherche l'huile de lin comme aliment, et dans le but d'extraire cette huile, on fait subir une première pression grossière à ces graines. Les tourteaux de lin qui renferment encore de 18 à 20 p. 100 d'huile, sont achetés dans la province de Dantzig ; on les passe à nouveau au moulin et on les soumet à une deuxième pression soit seuls, soit en mélange avec des graines de lin fraîches ou de la cameline.

Les graines de cameline essayées étaient très impures, on y trouvait beaucoup de cuscute et de la moutarde. Un échantillon a donné 12.7 p. 100 de graines étrangères et 155,000 graines de cuscute pour 1 kilogr. de cameline. Ces impuretés sont très préjudiciables à l'agriculteur qui donne des tourteaux de lin à son bétail. Il existe bien peu d'huileries pourvues d'appareils de mouture assez parfaits pour broyer sûrement toutes les graines de cuscute et l'on sait que cette graine peut, alors qu'elle n'a pas été broyée, traverser le tube digestif sans perdre son pouvoir germinatif.

Tourteaux de lin.

Les tourteaux de lin qu'on a présentés étaient loin d'être purs : 25 p. 100 des échantillons à essayer renfermaient plus de 3 p. 100

de sable; ils en contenaient souvent 4, 5, 5.5, 7.6, 8.9, et 12.4 p. 100. Deux échantillons étaient très riches en nielle des blés et un de ces tourteaux dégageait par l'ébullition avec l'eau une odeur qui rappelait celle de l'acide cyanhydrique.

Dans bien des cas, les tourteaux de lin renferment des grains de blés, des mauvaises herbes et des balles, ce qui explique leur faible taux de protéine, en faisant abstraction du sable qu'ils contiennent.

On recommande souvent le tourteau de lin comme aliment de force pour les vaches laitières de préférence aux tourteaux d'arachides préconisés depuis quelque temps. L'influence bienfaisante du tourteau de lin sur la production du lait sera remise en question, si l'on y trouve des substances étrangères telles que la moutarde, la nielle et d'autres impuretés.

M. Kobus croit que l'addition de cameline communique un mauvais goût au beurre. Cette opinion ne repose sur aucune expérience directe et jusqu'à nouvel ordre on ne pourra pas interdire l'addition d'une certaine proportion de cameline aux graines de lin qui servent à la préparation de l'huile. L'expérience a prouvé depuis fort longtemps que ce mélange donne par expression une huile plus blanche qui se clarifie plus vite que l'huile que l'on obtient avec la graine de lin seule. La graine de cameline pure possède un si bon goût qu'on s'imagine difficilement que le beurre d'une vache alimentée avec cette graine puisse être mauvais. Il faudrait plutôt attribuer le mauvais goût du beurre aux impuretés que la graine de cameline renferme presque toujours.

On sait fort bien qu'il suffit de petites quantités de *Thlaspi arvense* mélangées aux fourrages et aux tourteaux de navette qui servent d'aliment aux vaches pour donner au lait un goût d'ail très prononcé. Il est impossible de séparer mécaniquement les impuretés des graines de cameline, et l'on doit déconseiller aux fabricants d'huile l'emploi de graines impures. Les Stations agronomiques ne doivent pas se contenter de doser la matière grasse, la protéine, le sable, dans ces tourteaux, mais il est essentiel de s'assurer, par un examen microscopique, de la proportion ou de l'absence des graines étrangères.

On a observé quelquefois que le beurre possède une saveur

amère, par suite de l'alimentation par certains tourteaux de lin. Le tourteau de lin qui avait produit cet accident était très riche en sable, renfermait peu de protéine et donnait par l'ébullition avec l'eau une odeur rappelant celle de l'acide cyanhydrique.

Tourteaux de navette.

Quoique la récolte de colza et de navette ait été meilleure cette année, on a encore importé une assez grande quantité de tourteaux de navette anglais dont le prix est moins élevé que celui des tourteaux indigènes. On s'explique aisément cette différence de prix, parce que les droits d'entrée sur les graines étrangères que les fabriques allemandes emploient, sont plus élevés que les droits insignifiants que payent à l'entrée les tourteaux étrangers.

Quatre tourteaux anglais possédaient un goût âpre et amer et trois tourteaux indigènes seulement avaient les mêmes défauts. Dans deux échantillons de Pologne on n'a pas pu caractériser la présence de la moutarde, à cause du mélilot qui s'y trouvait mélangé et qui, par l'ébullition avec l'eau, donnait une odeur de coumarine qui masquait celle de l'essence de moutarde.

L'examen microscopique et l'odeur ont permis néanmoins de retrouver une quantité assez notable de moutarde.

On a reçu trois échantillons de tourteaux anglais et deux de Pologne qui contenaient plus de 3 p. 100 de sable.

Tourteaux de coton.

La bonne récolte de fourrage de cette année a notablement fait diminuer l'emploi des tourteaux de coton pauvres en protéine. Les tourteaux de coton non décortiqués sont préparés avec le plus grand soin par M. F. Thoerl à Haarbourg. Ces tourteaux non décortiqués constituent un aliment qui convient parfaitement au bétail ; le taux de protéine est moitié moins élevé dans ces tourteaux qui possèdent ainsi une digestibilité plus grande que les autres et ne présentent pas les inconvénients des aliments concentrés, riches en protéine.

On n'a pas observé cette année de très grandes variations dans la composition des tourteaux décortiqués, et on n'a pas présenté au

laboratoire de tourteau en voie de décomposition rappelant l'odeur de la saumure de harengs.

Tourteaux d'arachides.

La composition moyenne de ces tourteaux n'a pas varié cette année. On a peu consommé de tourteaux de coton auxquels on a préféré des tourteaux d'arachides en les choisissant, bien à tort, de qualité inférieure.

Les tourteaux préparés avec de vieilles graines d'arachides qui renferment de l'huile rancie communiquent un goût désagréable au lait, et le beurre que l'on en sépare est de fort mauvaise qualité. On préfère donner le tourteau d'arachides en poudre, car l'on peut aisément ainsi en séparer les impuretés par le tamisage.

Le tourteau en poudre est d'une digestion plus facile ; il est prudent de n'en pulvériser que de petites quantités à la fois, parce qu'il peut, dans cet état, subir une décomposition rapide et être envahi par des végétations cryptogamiques.

Les aliments riches en protéine et en matières grasses, comme les tourteaux de coton et d'arachides, conviennent surtout pour les bêtes à l'engrais et l'on doit réserver les aliments pauvres en protéine et riches en cellulose brute pour les vaches laitières et les jeunes animaux, pour lesquels on emploie avantageusement les tourteaux de palme.

Tourteaux de palmistes.

On fait très peu usage dans notre province de ce fourrage qui a cependant une très bonne influence sur la production du lait et la santé du bétail.

La qualité des deux échantillons remis pendant cette saison était excellente. On reconnaît du reste très aisément les impuretés dans ces tourteaux qui possèdent un coefficient de digestibilité très élevé et que l'on peut recommander à bien des égards. La poudre de cet aliment se conserve très aisément sans moisir, et l'on peut l'employer en toute sécurité ; elle ne renferme plus trace du sulfure de carbone ou des éthers de pétrole qui ont servi à l'extraction de l'huile.

Tourteaux de tournesol.

Ce produit est d'origine russe ; il accusait cette année un taux moins élevé de protéine et de matière grasse. On a introduit dernièrement sur le marché un tourteau vendu sous le nom de « tourteau de lin » qui était formé d'un mélange de graines de chènevis, de tournesol et de lin.

La composition varie suivant la proportion des graines qu'on y introduit et suivant le degré de pression qu'on leur fait subir. On reconnaît très facilement les enveloppes de ces graines, même sans microscope, parce que dans les huileries russes on n'a pas encore introduit l'emploi des meules pour pulvériser les graines avant de les exprimer.

Tourteaux de sésame.

La graine de sésame qui renferme de 50-53 p. 100 d'huile, produit des tourteaux qui constituent un excellent fourrage. Ces tourteaux avec ceux d'œillette sont les seuls parmi les tourteaux de graines oléagineuses qui contiennent une aussi forte proportion d'acide phosphorique.

Autres fourrages.

On a trouvé une assez forte proportion de cuscute dans un échantillon de farine de seigle ; les autres étaient bons.

La chair en poudre qu'on a examinée avait une composition normale ; on l'emploie moins mais à tort, parce qu'elle convient parfaitement pour l'engraissement du bœuf et du porc.

Betteraves.

Les essais de betteraves porte-graines que l'on a faits au printemps ont permis de les classer en betteraves riches et en betteraves pauvres. On a choisi les plus riches comme porte-graines.

La récolte de betteraves de 1884 peut être regardée comme bonne ; le jus accusait au polarimètre 17.7 p. 100, 18.7 et 19.3 p. 100 de sucre, c'est-à-dire presque autant que la canne à sucre, qui en renferme de 20-22 p. 100.

Pommes de terre.

La maladie qui a envahi les pommes de terre en 1883 faisait supposer que la conservation en tas ne serait pas possible ; on a proposé de les passer à la vapeur avant de les ensiler et d'éviter ainsi la décomposition.

Le directeur de la Station a profité d'un ensilage de pommes de terre aux environs de Dantzig pour déterminer la perte de matières nutritives que subissent les pommes de terre par la fermentation pendant l'ensilage.

Ces expériences rappellent celles que MM. Kellner et Mærcker ont entreprises sur les feuilles et les cossettes de betteraves.

Le silo a été rempli le 3 décembre 1883 et rouvert le 20 mai 1884. Le fond du silo était garni de paille et les pommes de terre, passées à la vapeur, ont été fortement pressées dans cette fosse. On a prélevé 4 échantillons de la masse et on les a placés dans le centre du silo, l'un dans un sac en toile, les trois autres dans des flacons. Après avoir rempli le silo et comprimé énergiquement les pommes de terre, on a recouvert le tout d'une épaisse couche de terre qui, au moment d'ouvrir le silo, s'était abaissée de quelques centimètres.

Le flacon n° 1 est rempli de pommes de terre bien tassées, afin d'éviter l'accès de l'air, il est soigneusement bouché avec plusieurs doubles de papier parchemin. Le flacon n° 2 est rempli de même et bouché avec une feuille de caoutchouc solidement attachée. Le flacon n° 3 n'est rempli qu'au trois quarts et fermé comme le précédent, avec une feuille de caoutchouc. Après 5 mois et demi, les pommes de terre ensilées ont l'apparence saine et possèdent une odeur acide agréable. Le poids des 3 flacons n'a pas varié, mais le sac a perdu 22.43 p. 100 de son poids primitif.

Les pommes de terre qui se trouvent dans les flacons n'ont pas subi de gonflement, on n'aperçoit aucune moisissure. La feuille de caoutchouc qui recouvrait les deux premiers flacons n'a pas changé de position, celle du troisième flacon est fortement attirée vers l'intérieur.

Le contenu des deux premiers flacons répand une odeur acide agréable, le troisième flacon sent fortement l'acide acétique.

On voit immédiatement par cette production d'acide acétique et par la position qu'occupe la membrane de caoutchouc, que cette décomposition est un phénomène d'oxydation et n'entraîne aucune perte de produits gazeux. Le taux de cendres n'a pas subi de grandes variations pendant l'ensilage, les transformations ont porté sur le sucre, l'amidon et les matières extractives.

La proportion d'acide que l'on a trouvée dans les flacons bouchés correspond à 2.3 p. 100 d'acide, exprimé en acide butyrique.

Cette quantité d'acide semble pouvoir arrêter la transformation de l'amidon en acide ; il n'en est pas de même des pommes de terre enfermées dans le sac, dans lequel il pouvait s'établir une circulation d'humidité plus parfaite, l'acide était éliminé au fur et à mesure de sa formation et ne pouvait plus empêcher la transformation de l'amidon. On trouve ainsi que 100 kgr. de pommes de terre passées à la vapeur perdent en 6 mois, par l'ensilage, le sucre ou l'amidon de 23 kgr. de pommes de terre. Le dosage de l'humidité montre qu'elle varie beaucoup et les pertes les plus sensibles se font sous la forme d'eau.

Lait et beurre.

Plusieurs producteurs de lait, qui vendent leurs produits à des laiteries, pensent encore aujourd'hui qu'il est impossible de reconnaître le lait coupé d'eau ou un mélange de lait écrémé du soir avec du lait pur du matin. Il n'en est pas ainsi, une analyse complète du lait permet de trouver les falsifications. On a essayé pendant cette année un grand nombre de laits douteux, et l'on a vu des laits vendus comme lait pur qui étaient étendus de 1/4 de leur volume d'eau. L'addition de 1/10 et de 1/9 d'eau au lait n'est, la plupart du temps, pas considérée comme une falsification, et pourtant elle cause un préjudice très sérieux aux laiteries qui traitent le lait d'un grand nombre de fermes.

On sait, du reste, que la proportion de beurre que l'on peut séparer du lait, au moyen des appareils centrifuges, est d'autant plus faible que le lait est plus pauvre en matière grasse. Le rendement est très différent quand on écrème un lait pur qui renferme 3.3 p. 100 ou 2.4 p. 100 de beurre, puisque dans les deux cas on laisse 0.3 p. 100

de beurre dans le petit-lait. La saveur amère que possède quelquefois le beurre est très désagréable et le fait refuser sur le marché. Il suffit souvent de fortes petites quantités de beurre amer pour en parfumer beaucoup, et il est très difficile en passant des mélanges de laits au centrifuge, de savoir quel est celui qui en a modifié la saveur. Il a presque toujours été possible, en envoyant des échantillons de chacun de ces laits au laboratoire, de déterminer quel était celui qui communiquait la saveur amère.

Une falsification du beurre que l'on observe souvent, consiste à ajouter au beurre et à d'autres graisses leurs poids d'eau chaude de manière à faire fondre entièrement la matière grasse. On bat ensuite le tout très énergiquement pour émulsionner la matière grasse, et l'on prolonge cette opération jusqu'à l'entier refroidissement de la masse, ce qui permet d'emprisonner dans le beurre 50 p. 100 d'eau et plus.

Engrais.

Les engrais chimiques sont beaucoup plus employés dans notre province depuis qu'on a acquis la certitude que l'azote et l'acide phosphorique sont indispensables pour une bonne récolte de betteraves à sucre.

On trouve sur le marché des superphosphates allemands et étrangers (anglais surtout), ce qui a notablement abaissé les prix. Les terres légères de notre région peuvent parfaitement s'accommoder d'acide phosphorique soluble au citrate. Sous cette forme, la valeur de l'acide phosphorique comme engrais des terres légères est semblable à celle de l'acide phosphorique soluble dans l'eau. Il ne faut pas négliger de donner en même temps un engrais azoté sous forme de sulfate d'ammoniaque ou de nitrate de soude. Le phosphate précipité extrait des scories par le procédé Thomas réussit très bien et renferme jusqu'à 35 p. 100 d'acide phosphorique à 35 cent. l'unité.

Station d'essais de semences.

La Station d'essais de Dantzig a fait cette année 1,415 déterminations qui se répartissent de la manière suivante :

Détermination de pureté	438
— de cuscute seule	308
— du pouvoir germinatif	669
Total	1,415

Parmi les échantillons de trèfle rouge, on en a trouvé 21 p. 100 qui renfermaient de la cuscute, alors que l'année précédente il n'y en avait que 15. p. 100. On a observé assez souvent de 1,000-2,000 graines de cuscute par kilogramme de trèfle rouge et dans quelques échantillons 80,000 graines de cuscute par kilogramme. Ces grandes quantités de cuscute sont transportées par les oiseaux, le vent, etc., et l'on ne peut pas en rendre l'agriculteur responsable. On a trouvé dans deux cas seulement de la luzerne qui avait été soufrée pour lui donner meilleur aspect.

Pendant cette année, 14 maisons se sont assuré le contrôle de la Station.

Station agronomique de Dahme.

La Station, placée sous la direction du prof. Dr Fittbogen, a examiné 605 échantillons pendant l'année.

Les recherches scientifiques ont porté sur les sujets suivants :

1. Étude de l'action de divers phosphates sur les cultures en pots et en pleine terre. — Suites des recherches commencées en 1880 ;

2. Essais de culture depuis 1883, d'après les conseils de M. Schultz-Lupitz ;

3. Essai de culture comparée de trèfle rouge indigène et américain ;

4. Étude de l'action des combinaisons du chrôme sur le sol et sur les plantes ;

5. Recherches sur la *Vicia villosa* et sur deux espèces de vesces françaises d'hiver, aux diverses phases de leur développement ;

6. Étude de l'influence de l'effeuillage des betteraves sur la production de l'ensemble des matières sèches et des matières organiques dans la racine.

Station agronomique de Regenwalde.

Le nombre des analyses a augmenté de 200 depuis l'année précédente et a été de 829, qui se répartissent comme suit :

Eaux, terres, chaux et marnes	115
Engrais	270
Fourrages	225
Échantillons divers	42
Semences	177
Total	829

Le nombre des analyses de semences a presque doublé et les analyses de fourrages ont aussi été plus nombreuses à cause de la grande consommation que l'on fait des fourrages étrangers qui arrivent souvent avariés sur nos marchés. Tout en ne négligeant pas les occupations journalières de la Station, on a pu continuer des travaux d'un intérêt plus scientifique.

1. Essai de culture des lupins sur l'eau pour les amener à fleurir et à fructifier dans ce milieu ;

2. Sur la matière grasse des légumineuses ;

3. Essai de culture de pommes de terre ;

4. Essai de culture d'après le système de M. Schultz-Lupitz.

Travaux commencés et terminés pendant l'année :

5. Étude sur la composition de l'ajonc épineux (*Ulex europæus*) et essai de digestion artificielle ;

6. Recherches comparatives sur des lupins bleus et jaunes aux différentes périodes de la végétation ;

7. Essai de culture du sorgho (*Sorghum saccharatum*) et étude de la plante à divers moments de la végétation ;

8. Composition des protubérances des racines de lupins ;

9. Sur la composition du lupin (*Lupinus hirsutus*) à différents moments de la végétation.

Travaux en cours d'exécution :

10. Essai sur la conservation du fumier d'étable ;

11. Recherches sur la composition des graines de lupin.

Le directeur de la Station a entretenu une correspondance très suivie avec des membres de la Société d'agriculture au sujet des engrais, des fourrages et de questions industrielles. D'autres sociétés aussi se sont adressées au personnel de la Station pour des conférences sur les engrais et l'alimentation.

On doit, pendant l'année 1885, s'occuper des travaux suivants :

1. Essai de culture de 5 variétés de lupins ;
2. — — de *Sinapis alba ;*
3. — — de *Vicia villosa ;*
4. — de *Spergula arvensis* et *maxima ;*
5. — du maïs, du sorgho et du millet sucré ;
6. Recherches de procédés pour enlever l'amertume des lupins ;
7. Recherches sur la composition des graines de lupin ;
8. Sur la matière grasse des légumineuses ;
9. Étude sur l'appauvrissement des sols en chaux par les sels de potasse ;
10. Essais comparatifs de culture de trèfle rouge allemand, américain et italien.

Station agronomique d'Eldena.

On a présenté à l'analyse en 1884, 376 échantillons qui comprennent :

155	échantillons	de semences,
144	—	d'engrais,
44	—	de tourteaux et de graines fourragères,
14	—	de betteraves à sucre,
2	—	de foin,

et des résidus industriels, tels que des marcs de bière, des vinasses, des pulpes et du son de seigle ou de froment, ainsi que des échantillons d'huiles, de laits, de terres et d'eaux.

Le contrôle des semences s'est exercé comme les années précédentes, de la manière suivante : Les marchands de graines, au nombre de 15 aujourd'hui, communiquent à leurs clients le résultat de l'analyse faite à la Station pour le compte du vendeur. Ils garantissent une certaine richesse en graines pures et s'engagent, au cas où le taux de pureté s'abaisserait de 5 p. 100, à compenser cette perte.

Le trèfle rouge d'Amérique possède comme toujours un pouvoir germinatif élevé.

La luzerne, le trèfle jaune et les graminées étaient exempts de cuscute.

Sur 72 échantillons de trèfle rouge, on en a trouvé 19 qui renfermaient de 2 à 680 graines de cuscute par kgr. ; sur 13 échantillons de trèfle blanc, il y en avait 5 renfermant de 6 à 50 graines de cuscute par kgr. On a examiné 6 échantillons de trèfle suédois qui contenaient 1,000, 7,000, 25,000 et jusqu'à 40,000 graines de cuscute par kgr.

Les essais de semences se font de la manière suivante : on pèse 20 à 25 gr. de trèfle rouge et on trie ce lot grain par grain, en s'aidant au besoin de la loupe, pour éliminer les graines étrangères que l'on pèse. On prépare ensuite 3 lots de 100 graines pures que l'on place dans un germoir de Nobbe ou bien entre du papier buvard. La température est maintenue à 15-18° et l'on a soin d'entretenir chaque jour une humidité constante. Le nombre des graines germées et le taux de matières étrangères permettent de calculer le pouvoir germinatif des graines et leur coefficient de pureté.

On a présenté cette année un plus grand nombre d'échantillons d'engrais, soit 94 échantillons de superphosphate ;

22 échantillons de superphosphate ammoniacal et quelques échantillons de poudre d'os, de guano du Pérou, de phosphate précipité (Thomas), de nitrate de soude, de sulfate d'ammoniaque, de kaïnite et de plâtre.

La Station exerce son contrôle sur 13 fabricants d'engrais ainsi que sur un marchand de fourrages concentrés, qui garantit un certain taux de matière nutritive, et laisse à son client la faculté de faire analyser gratuitement à la Station les fourrages qu'il achète.

Les tourteaux occupent la première place parmi les aliments concentrés, à cause de leur richesse en protéine ; 21 échantillons renfermaient 43-50 p. 100 de protéine et 1.88 à 8.99 p. 100 de matière grasse ; ils n'étaient pas tous frais ; deux échantillons renfermaient des champignons. Les tourteaux de colza étaient bons, à l'exception de deux qui contenaient de la moutarde.

On a trouvé dans 7 échantillons de coton 39.9-50 p. 100 de protéine, et 11.6 à 19.7 p. 100 de graisse et on a analysé des tourteaux de lin, de palmiste, et du son de seigle et de froment qui présentaient une composition normale. On a présenté aussi quelques résidus industriels, comme les déchets d'amidonnerie, les marcs de bière, les cossettes de betteraves, les vinasses et les touraillons. On a encore

examiné deux échantillons de regain de la récolte de 1884, qui possédaient un pouvoir alimentaire très élevé.

Station agronomique de Posen.

La Station agronomique a reçu, en 1884, 809 échantillons qui comprenaient 12 échantillons de terre, 475 engrais, 196 fourrages, 75 matières alimentaires et 51 semences.

Les engrais répondaient en général à la garantie ; dans un cas seulement, on avait vendu du sulfate double de potasse et de magnésie au prix de 2 fr. le quintal ; ce sulfate renfermait 7.8 p. 100 de potasse et représentait une valeur de 0 fr. 70 par quintal. Cet échantillon, qui n'était que de la carnallite brute, a été soumis aux tribunaux.

Les fourrages renfermaient une plus forte proportion d'impuretés que les engrais. On a trouvé dans les tourteaux de colza et dans le son, beaucoup de graines étrangères et même du sable dans un tourteau de lin.

Sur 27 échantillons de tourteaux de lin, 7 contenaient 10 à 33 p. 100 de sable. Les semences ont été bonnes : sur 42 échantillons de trèfle et de timothée, dans 7 seulement on a trouvé de 25 à 300 graines de cuscute par kgr. La richesse en sucre des betteraves de cette année a été très élevée ; on a présenté 13 lots à analyser qui titraient de 16-18.4 p. 100 de sucre et très peu de sels et de matières étrangères.

Les travaux scientifiques ont été poursuivis. On a cultivé dans une serre et semé dans du sable de l'orge, de l'avoine, du sarrasin et des pois pour étudier comparativement les engrais qui leur conviennent. Cette culture a été faite dans du sable de rivière lavé, auquel on avait ajouté les engrais suivants :

1er lot. — Acide phosphorique, azote et potasse.
2e lot. — Acide phosphorique et azote.
3e lot. — Acide phosphorique et potasse.
4e lot. — Azote et potasse.
5e lot. — Témoin, sans engrais.

Le produit de la récolte a été pesé avec soin et conservé pour une analyse ultérieure. Il est intéressant de noter que l'orge, l'avoine et

le sarrasin, qui n'avaient pas reçu d'azote, avaient tout aussi mauvais aspect que les mêmes plantes cultivées sans engrais. Les pois avaient tout aussi bel aspect que ceux auxquels on avait donné de l'engrais complet, ce qui montre combien cette dernière culture demande peu d'azote.

On a terminé les expériences commencées l'année dernière en vue de voir si le charbon perd de sa valeur et de sa puissance calorifique par une exposition à l'air. Le charbon a été exposé pendant un an, sans que la proportion de matière sèche ait varié.

On a aussi fait un grand nombre d'analyses de résidus de racines, d'avoine et d'orge qui avaient reçu des engrais divers. Il serait possible, suivant M. Heinrich, en étudiant la composition des résidus de récoltes, de savoir quels sont les éléments qui font défaut au sol. Les cultures de maïs à gros grains (variétés précoces) ont été continuées ainsi que les essais de culture d'autres plantes. En 1885, on se propose de commencer un travail sur les modifications que subissent les pulpes par l'ensilage.

La perte notable en matières sèches que l'on a souvent observée, a probablement pour cause d'autres fermentations qui s'établissent à côté de la fermentation lactique. Il faudra rechercher si ces fermentations ne sont pas produites par des bactéries que l'on pourra cultiver aisément sur des plaques de gélatine, suivant la méthode de culture de M. Koch. On observera en même temps les conditions dans lesquelles ces bactéries se développent le mieux.

Station agronomique de Breslau.

La Station agronomique a examiné, en 1884, 1,390 échantillons qui présentaient un intérêt pratique. Les analyses ont porté sur des engrais, des fourrages, des terres, des fumiers, des composts, des betteraves à sucre, des pommes de terre, des eaux, etc.

On s'est aussi occupé d'essais d'irrigation des prairies de la ville de Breslau (situées à Oswitz), pour savoir comment les prairies irriguées utilisent à la longue les eaux d'irrigation; la quantité d'eau que l'on pouvait donner a été déterminée et l'on a analysé le sol et l'eau aussi bien avant l'irrigation que pendant les trois années qu'ont

duré ces expériences. Ces expériences terminées, on les a résumées dans un rapport et l'on poursuit encore maintenant l'étude de la composition et de la qualité des fourrages de ces prairies.

La Société de cultures industrielles a demandé à la Station d'entreprendre une étude sur la qualité, la composition et la valeur de foins cultivés dans des conditions diverses.

Pendant tout l'été, on a institué des expériences sur des betteraves à sucre et des pommes de terre pour étudier l'influence de l'électricité; les résultats encourageants qu'on a obtenus permettront de poursuivre cette étude pendant l'été de 1885.

L'incertitude qui plane encore sur la valeur relative des différents agents de conservation que l'on propose pour le fumier, a engagé le directeur de la Station à entreprendre une expérience en grand sur ce sujet.

Il faut tout d'abord étudier l'action des sels de potasse pour la conservation des engrais et connaître la valeur d'un nouveau produit connu sous le nom de « superphosphate plâtré ». Les essais de conservation ont été faits pendant l'été, dans une grande exploitation du voisinage. Les analyses qui fixent la composition du fumier seront plus complètes que toutes celles que l'on a publiées jusqu'à ce jour, et elles donneront des conclusions précieuses à ce travail qui est sur le point d'être terminé.

On étudie aussi la qualité du fumier produit par différentes proportions de fourrages, ainsi que les divers procédés de conservation sans le secours d'agents étrangers.

Les essais d'alimentation avec le sucre brut ou les sous-produits de la sucrerie, commencés en 1884, pour le ministère de l'agriculture, seront terminés en 1885.

Plusieurs agriculteurs de la province ont bien voulu entreprendre, sous la direction de la Station, des essais de culture qui cette année ont porté sur diverses variétés de betteraves et de pommes de terre.

Station d'essais de semences de la Société d'agriculture de Breslau.

La Station d'essais, dirigée par le Dr Eidam, a reçu 895 échantillons de graines à examiner; le nombre augmente chaque année : il était

de 686 en 1883 et de 430 en 1882. Les agriculteurs ont envoyé 342 échantillons, c'est-à-dire 38 p. 100; les autres semences provenaient de commerçants. On voit avec plaisir que le nombre des producteurs de semences qui ont recours à la Station, s'accroît notablement; il s'élevait en 1883 à 35 p. 100 et en 1882 à 22 p. 100. Les semences se vendent et s'achètent de plus en plus en Silésie, d'après les analyses que l'on fait à la Station. Les échantillons les plus nombreux étaient ceux de trèfle rouge. Il est bon de remarquer que les trèfles rouge d'Amérique, qui encombraient le marché l'année dernière et étaient de qualité très inférieure, ont presque disparu et sont remplacés par des trèfles indigènes. On a trouvé quelques trèfles de l'Europe méridionale que l'on reconnaît aisément à leur forte proportion de graines étrangères. Le nombre d'échantillons de trèfle rouge cuscutés s'élevait à 135, soit 23.6 p. 100; 1883, 32 p. 100; 1882, 31 p. 100; 1881, 25.6 p. 100. Le trèfle rouge renfermait beaucoup de cuscute de lin (*Cuscuta epilinum*). Le pouvoir germinatif de cette semence était compris entre 61 et 93 p. 100, en moyenne 82.4 p. 100.

Les impuretés du trèfle suédois n'étaient pas très nombreuses: sur 20 échantillons, 12 renfermaient des graines parasites. Le pouvoir germinatif s'est élevé en moyenne à 85 p. 100. Sur 26 échantillons de luzerne, on en a trouvé 10 de cuscutés. Le pouvoir germinatif était de 66 à 90 p. 100, en moyenne de 81 p. 100. Citons parmi les graines de la famille des papillionacées, le trèfle blanc, dont 58 à 80 p. 100 ont germé et dont deux échantillons étaient soufrés: le pouvoir germinatif du trèfle jaune était de 28 à 69 p. 100, celui du trèfle incarnat de 79 à 91 p. 100, celui du trèfle de pin de 19 à 68 p. 100, celui des lupins de 34 à 76 p. 100, celui des vesces de 17 à 99 p. 100 et celui des pois de 32 à 99 p. 100. On voit qu'il se produit partout de grands écarts qui démontrent l'utilité des essais de la pureté et du pouvoir germinatif.

La qualité des graines de prairies a subi de très grandes variations. On dut rejeter un grand nombre d'échantillons à cause d'une forte proportion d'impuretés. D'autres possédaient un pouvoir germinatif très faible, on en a aussi trouvé quelques-unes qui étaient tout à fait bonnes. Les graines de prairies que nous énumérons, possèdent le

pouvoir germinatif suivant : timothée, 56 à 93 p. 100 et souvent de la cuscute ; ray-grass français, 60 à 70 p. 100, impuretés fréquentes jusqu'à 40 p. 100 ; ray-grass italien, 30 à 92 p. 100 ; ray-grass anglais, 53 à 94 p. 100 ; vulpin, 13 à 16 p. 100 ; millet, 17 p. 100 ; fétuque ovine, 67 p. 100 ; fétuque des prairies, 52 p. 100 ; fétuque rouge, 32 p. 100 (vendue pour de la fétuque ovine) ; dactyle, 10 à 46 p. 100 ; pois, 40 à 60 p. 100 ; agrostis, 40-60 p. 100 ; houlque laineuse, 34 p. 100 ; flouve odorante, 17 p. 100 ; glyceria, 2 p. 100 seulement.

Les céréales observées ont germé de la manière suivante : maïs dent-de-cheval, 80-89 p. 100 ; avoine, 56 à 91 p. 100 ; orge, 71-97 p. 100 ; froment, 70-98 p. 100 ; seigle, 71-97 p. 100.

On a déterminé le pouvoir germinatif des graines forestières suivantes : bouleau, 19 p. 100 ; pin, entre 36 et 51 p. 100 ; sapin, entre 21 et 65 p. 100. Trois échantillons de carottes ont donné 30, 54 et 67 p. 100 ; le sarrasin, 65 à 76 p. 100 ; raves et turneps, entre 72 et 97 p. 100.

La Station a traité avec 4 marchands de graines pour l'essai de leurs semences, et 5 maisons de gros se sont engagées à livrer des graines exemptes de cuscute. Les travaux scientifiques ont porté sur l'étude des conditions de germination de diverses semences. La Société d'agriculture de Breslau a demandé la détermination du pouvoir germinatif du blé que l'on emprègne de strychnine pour le préserver contre l'atteinte des souris.

Station de physiologie végétale de Proskau.

1. Étude sur le dommage que la gelée fait éprouver aux arbres fruitiers ;
2. Essai d'amélioration du vin ;
3. Expériences sur des gummosis cultivés en grand ;
4. Petites observations de pathologie végétale ;
5. Influence des agents extérieurs sur le développement des plantes ;
6. Différences dans la composition chimique des plantes malades et des plantes saines ;
7. Recherches sur les quantités de matières alimentaires que supportent les arbres à fruits, jeunes ou vieux ;
8. Contribution à la statistique des eaux de drainage.

On se propose en 1885 de commencer les travaux suivants :

1. Recherches sur l'influence des gelées artificielles ;

2. Sur les causes des excroissances des pommiers et des poiriers ;

3. Recherches sur la formation du salpêtre dans le sol.

Station agronomique de Halle.

1. Sur la valeur agricole de combinaisons renfermant l'azote sous différentes formes ;

2. Influence et action de la composition des engrais sur les produits de la récolte ;

3. Composition du fourrage produit par la méthode moderne de culture intensive ;

4. Essais de culture de diverses variétés de betteraves à sucre ;

5. Sur la valeur des résidus de diffusion déshydratés au moyen de la chaux ;

6. Action retardatrice, des acides gras volatils, sur les fermentations ;

7. Contribution à l'étude du pouvoir germinatif des graines de betteraves à sucre ;

8. Contribution à l'étude du pouvoir germinatif des graines de chicorée ;

9. Influence des engrais potassiques sur la composition du foin des prairies marécageuses ;

10. Essai de culture des lupins sur des solutions aqueuses ;

11. Sur la valeur du sucre comme aliment.

La Station a reçu 3,356 échantillons d'engrais, 1,019 fourrages et 482 semences à essayer, soit au total 4,857 déterminations.

On se propose en 1885 de commencer des expériences sur l'amélioration de l'orge et du blé anglais.

Station agronomique et Station de laiterie de Kiel.

Le directeur de la Station de chimie, le prof. D[r] Emmerling, adresse le rapport suivant :

Travaux d'un intérêt purement pratique. Contrôle des engrais. — La Station exerce son contrôle sur 23 maisons. Les échantillons con-

trôlés ont été au nombre de 112, ils représentaient 49,403 quintaux d'engrais et une valeur d'environ 573,221 fr.

Contrôle de fourrages. — En 1884, 7 marchands de fourrages ont demandé à se placer sous le contrôle du laboratoire. Pendant la saison de 1883-1884, on a exécuté 112 analyses qui correspondent à 11,806 quintaux de fourrages d'une valeur de 117,000 fr. On a reçu pendant l'année entière 157 échantillons de fourrages.

Analyses diverses. — On a présenté au laboratoire des échantillons de terres, de marnes, d'eaux. Les analyses d'eau comprennent : 1° la détermination quantitative de la dureté totale, de la dureté permanente (due à la présence du plâtre), des matières organiques, de l'ammoniaque, de l'acide nitrique, du chlore ; 2° l'essai qualitatif de l'acide nitreux, de l'acide sulfurique et l'examen microscopique du dépôt. Le prix uniforme est de 6 fr. 25 c.

Les analyses diverses représentent 40 p. 100 des analyses totales et les analyses de contrôles environ autant. Il reste de cette manière 20 p. 100 d'analyses gratuites d'un intérêt général. Les analyses se répartissent comme suit :

NATURE DES ÉCHANTILLONS.	ANALYSES de contrôle.	ANALYSES diverses.	ANALYSES pour le champ d'expériences.	TOTAL.	
Engrais artificiels :					
1. Superphosphates.	31	12	4	47	
2. Superphosphates azotés	119	27	9	155	
3. Poudres d'os dégélatinées	58	17	1	76	
4. Sang et corne en poudre.	»	2	»	2	
5. Guano du Pérou brut	»	»	1	1	
6. Guano de poisson	1	2	»	3	
7. Sels de potasse et engrais potassiques.	8	11	»	19	
8. Nitrate de soude.	3	2	»	5	
9. Sels ammoniacaux.	»	4	1	5	
10. Engrais divers.	1	7	2	10	
	221	84	18	323	323
Terres :					
Analyses chimiques.	»	15	»	15	
Analyses physiques.	»	1	24	25	
Détermination du pouvoir absorbant.	»	1	24	25	
Terres de marais	»	5	»	5	
	»	22	48	70	70
Marnes, chaux, etc.	»	15	»	15	15
Betteraves à sucre, sucre, mélasse, etc.	»	12	»	12	12
Fourrages :					
Fourrages naturels	2	6	»	8	
Analyses de foin	»	13	»	13	
Résidus de meunerie :					
Son de froment.	»	18	»	18	
Farine de riz.	4	18	»	22	
Résidus divers	»	10	»	10	
Résidus de brasserie, de distillerie, de sucrerie, etc.	»	8	»	8	
Résidus d'huilerie :					
Tourteaux de colza	3	13	»	16	
— de lin	6	3	»	9	
— de palmiste.	10	11	»	21	
— de coco	7	19	»	26	
— d'arachide.	62	25	»	87	
— de coton.	54	14	»	68	
— divers.	9	13	»	22	
Examen microscopique de fourrages pour la recherche des moisissures.	»	114	»	114	
	157	285	»	442	442
Eaux.	»	62	»	62	62
Cendres de végétaux.	»	4	»	4	4
Détermination d'essence de moutarde dans le colza.	»	4	»	4	4
Analyses d'urine	»	15	»	15	15
Produits pharmaceutiques	»	1	»	1	1
Graisse de voiture.	»	1	»	1	1
Incrustation de chaudières	»	1	»	1	1
Papier, étoffe.	»	2	»	2	2
Recherches de poisons	»	3	»	3	3
Expertises légales.	»	1	»	1	1
Analyses pour le Musée d'antiquités nationales.	»	5	»	5	5
	378	517	66		961

Travaux d'un intérêt général et scientifique.

Essais de culture avec le concours des agriculteurs. — Les terres des différents champs d'expériences ont été analysées par le Dr Loges, qui en a déterminé le pouvoir absorbant; on en a fait l'analyse physique et chimique. Les expériences de l'année dernière avaient montré que le superphosphate ammoniacal convient aux blés de mars. On a repris ces essais de cultures chez 12 propriétaires, pour déterminer quelle est la proportion qu'il convient d'admettre entre l'ammoniaque et l'acide phosphorique soluble. Les mélanges de superphosphate ammoniacal possédaient la même valeur, ils étaient composés de 12 gr. d'ammoniaque et 6 de superphosphate ou de 9 d'ammoniaque et de 9 de superphosphate.

On a fait aussi des essais comparatifs avec des poudres d'os dégélatinées et l'on a mis en expérience un mélange de nitrate de soude et d'acide phosphorique.

Pour fixer l'emploi rationnel du nitrate de soude, on se propose de commencer, pendant l'arrière-saison, dans 11 exploitations des essais de culture de blés d'automne; on essayera en même temps le phosphate précipité.

Étude sur la formation de l'amidon dans les plantes vertes. — Cette étude est assez avancée pour qu'il ait été possible de faire une communication préliminaire sur ce sujet à la réunion des naturalistes à Magdebourg en septembre 1884.

Sur les pertes qu'éprouvent, par les pluies et l'évaporation, l'herbe fraîchement fauchée jusqu'à sa transformation en foin. — Ces expériences ont été favorisées par le beau temps et les résultats ont permis d'apprécier quelle était la perte pour une récolte moyenne de foin. On avait eu soin de protéger le foin contre le vent par un treillis de fil de fer.

Recherches sur l'humus et les principaux sols humifères de la région. — Le Dr Loges a pris environ 72 kgr. de terre de bruyère pour en extraire la matière humique. La matière humique brute sera purifiée et servira à étudier plus complètement la nature chimique de cette substance.

Recherches sur les altérations et la moisissure des fourrages commerciaux. — On a examiné 150 échantillons de fourrage et l'on a souvent trouvé des champignons et des bactéries qui expliquent probablement les accidents observés dans l'alimentation des animaux sans qu'il soit nécessaire de rechercher une matière toxique pour se rendre compte de ces faits.

Sur la fixation de l'ammoniaque par le plâtre, la kaïnite et la poussière de tourbe. — On a déterminé combien une solution ammoniacale qui possédait à peu près la concentration du purin, perdait d'ammoniaque par l'addition de plâtre, de kaïnite et de tourbe. La tourbe que l'on a employée contenait des mousses, on se propose de reprendre ces essais avec de la tourbe noire un peu consumée.

Détermination de l'azote par la chaux sodée dans un tube en fer. — La méthode de M. Grandeau, qui opère le dosage de l'azote comme P. Wagner aussi, dans un tube en fer avec un courant d'hydrogène, a été modifiée par le Dr Loges, qui remplace ce gaz par le gaz d'éclairage. Il a fait des analyses de contrôle et sa méthode est employée aujourd'hui couramment au laboratoire de la station agronomique de Kiel.

Action de l'acide nitreux sur les composés azotés de l'urine. — Le directeur de la station a fait une communication préalable sur ce sujet à la Société de physiologie de Kiel, le 5 mai 1884.

Analyses du résidu des eaux pluviales. — Recueillies par le prof. Dr G. Karsten, pendant les lueurs crépusculaires de l'hiver 1883-1884.

Analyses de plantes. — A la demande de M. von Neergaard, M. le Dr Loges a analysé complètement les cendres de l'écorce et des branches écorcées de saule (*Salix amygdalina*) pour pouvoir calculer la proportion de matière alimentaire que la culture du saule prélève chaque année. On a aussi analysé deux *Equisetum* que le Dr Schacht avait envoyés afin de pouvoir rapprocher les analyses des deux échantillons dont l'un était mauvais et l'autre inoffensif.

Pendant le semestre d'été de 1884, le directeur a fait deux fois par semaine un cours sur l'alimentation du bétail et pendant le semestre d'hiver un cours de chimie biologique et un cours d'agriculture.

On se propose, l'année prochaine, de continuer les recherches en

cours d'exécution et de commencer l'étude de quelques réactions des combinaisons organiques qui permettaient d'expliquer la formation des matières grasses dans le corps des animaux.

Station de laiterie.

La section de laiterie, dirigée par le Dr M. Schrodt, a publié cette année les travaux suivants :

Alimentation des vaches laitières au moyen des pulpes de betteraves ensilées.

Composition des cendres du lait de vache.

Qualité et stabilité du beurre préparé par différentes méthodes d'écrémage.

Détermination de la perte que subissent les matières alimentaires des fourrages verts par leur transformation en foin ou par l'ensilage.

Écrémage du lait, traité par le procédé de M. Covley.

Résultats du contrôle exercé sur le lait livré, pendant ces deux dernières années, par une société laitière du Holstein.

Travaux analytiques.

Analyse complète des fourrages suivants :

Foin de prairie, fourrage vert, paille d'avoine, betteraves fourragères, pulpes de betteraves fraîches, pulpes ensilées, son de blé, tourteaux de coton et 2 espèces de fourrages ensilés.

Détermination de la densité, de la matière sèche et de la matière grasse du lait mélangé, de 8 vaches.

Dosage de la matière grasse dans 37 échantillons de lait non écrémé, et dans 94 échantillons de lait écrémé.

On détermine chaque jour pour le lait du matin et celui du soir, la densité, la matière sèche et la matière grasse.

Ces dosages, au nombre de 710, ont été faits pour exercer un contrôle sur la production du lait à la laiterie. Ils permettront d'élucider des questions pratiques et donneront des renseignements statistiques intéressants.

L'exposition de laiterie ouverte à Kiel, a fourni l'occasion d'exposer

des fromages maigres, préparés suivant différentes méthodes; on a pu étudier l'influence de celles-ci sur la qualité et la teneur en matière grasse de ces fromages.

La détermination de la matière grasse a été faite au moyen du lactobutyromètre de Marchand.

Les analyses pour le compte des particuliers se sont élevées au nombre de 51 comprenant :

42 échantillons de lait, de lait écrémé, de beurre et de crème.
6 — de présure.
3 — de matières colorantes pour le beurre.

On a présenté ces échantillons pour connaître les causes des insuccès de fabrication ou bien pour déterminer la quantité de matière grasse qui reste dans le lait écrémé.

Le lait falsifié se reconnaît, presque à coup sûr. Il est du devoir des directeurs des laiteries centrales de poursuivre les fraudes avec la plus grande sévérité. Dans la plupart des cas, il suffit de déterminer la densité du lait non écrémé ou du lait écrémé pour caractériser un lait falsifié. Le lactodensimètre, qui est d'un maniement si simple, devrait se trouver entre les mains de chaque laitier.

Les cours de laiterie ont été suivis cette année par 21 agriculteurs et employés de la laiterie et on a enseigné à 3 laitiers les premiers éléments des essais de lait.

On a profité de la réunion des Sociétés d'agriculture pour faire une série de six conférences.

L'exposition provinciale de laiterie ouverte à Kiel, en mars 1885, a beaucoup occupé le directeur qui, en même temps, préparait une collection des produits de l'industrie laitière du Schleswig-Holstein pour l'exposition allemande de laiterie à Munich.

Occupations principales de la laiterie.

Le lait des vaches a permis de préparer du beurre, des fromages mous et gras (comme le Camembert), des fromages maigres du Holstein et du Limbourg; on a fabriqué, en été, des fromages au cumin avec une partie du lait écrémé. Le reste de ce lait, le lait de beurre et la crème ont pu être vendus.

On peut certainement encourager les laitiers à fabriquer des fromages de Camembert. Cette fabrication, qui demande très peu de frais d'installation, prendra une grande extension. Les laiteries les moins importantes pourront en fabriquer à condition d'avoir à leur disposition des caves que l'on puisse aisément chauffer et ventiler. La station de laiterie se mettra à la disposition des laitiers pour les initier à la préparation de ces fromages.

Plan de travail pour 1885-1886.

Influence des fourrages ensilés sur la production du lait et sur la qualité de ses produits.

Détermination de la proportion d'avoine égrugée qui peut remplacer une quantité donnée de foin dans l'alimentation d'une vache laitière.

Étude des causes du bleuissement du fromage du Holstein.

Essai de la méthode de Soxhlet pour déterminer l'addition d'eau au lait.

Essai d'un appareil danois pour la préparation de la crème artificielle ; cette crème peut servir à la préparation des fromages gras.

Station agronomique d'Hildesheim.

Le nombre des échantillons examinés cette année est resté à peu près le même. On a examiné :

851	échantillons d'engrais artificiels.	
158	—	de fourrages.
218	—	de semences.
96	—	de terres, de marnes.
104	—	d'eau.
228	—	provenant principalement de l'industrie minière.

L'emploi du nitrate de soude s'est généralisé ; on a de plus en plus recours à cet engrais azoté d'un prix peu élevé.

Les phosphates précipités de Nienbourg et d'Ohlendorf possèdent un titre qui varie dans de faibles limites, et l'on peut recommander leur emploi en toute sécurité.

On a commencé l'année dernière une série d'analyses de terres marneuses, de l'arrondissement de Goslar.

Essais de semences. — La station a essayé un grand nombre de semences provenant de la bluterie à vapeur de MM. Schnoor et Babius à Hildesheim ; ce moyen de purification et de séparation est le seul qui permette d'offrir à des prix modérés des semences bien épurées.

On a bluté, pendant la saison dernière, 77,806 kgr. de trèfle rouge qui ont donné un déchet de 3,862 kgr., soit 4.95 p. 100. D'autre part : 11,317 kgr. de luzerne donnent 173 kgr. de déchets, soit 1.53 p. 100 et 500 kgr. de trèfle blanc 18 kgr. de déchets, soit 3.60 p. 100.

Les graines après le blutage étaient presque toujours exemptes de cuscute.

On a tout particulièrement soigné, cette année, l'essai des semences de betteraves. On avait l'habitude, autrefois, de déterminer combien, sur 100 glomérules de graines, on pouvait en faire germer ; le prof. Maercker a montré que cette donnée n'avait pas grande valeur pour les agriculteurs et qu'il serait beaucoup plus rationnel de compter les germes que peut fournir un poids déterminé de glomérules de graines.

Le poids de 100 glomérules de graines de betteraves oscille entre $2^{gr},087$ et $4^{gr},422$, soit en moyenne $2^{gr},926$, et 1 gr. de graines donne en moyenne 64 germes.

Maercker a établi qu'une bonne graine de betterave doit donner par gramme de 50 à 60 germes ; si elle en renferme moins de 50, il faut la considérer comme mauvaise. Les déterminations faites au laboratoire confirment pleinement ces vues.

Le laboratoire d'enseignement a été fréquenté par de nombreux élèves qui ont pu à leur sortie entrer dans des sucreries.

Le directeur de la station a étudié cette année des méthodes d'analyse.

On a essayé de déterminer la valeur du phosphate en poudre de Peiner et celle du phosphate précipité de Nienbourg.

La nouvelle méthode de Kjeldahl, pour le dosage de l'azote, a été l'objet d'essais nombreux. On fait bouillir pendant longtemps la subs-

tance avec un mélange acide concentré, puis on l'oxyde par le permanganate de potassium. L'azote est transformé, par ce traitement, en ammoniaque ou en amines analogues que l'on déplace par la soude pour les titrer par une liqueur acide.

Cette méthode donne des résultats satisfaisants qui permettront de l'employer couramment au laboratoire de la station.

Les recherches sur les sols seront poursuivies, en 1885, ainsi que la culture de l'avoine et on espère pouvoir commencer des essais sur les engrais qui conviennent à la betterave à sucre.

Station agronomique de Gœttingue.

Les travaux les plus importants exécutés en 1884 sont :

Dosage de l'urée et du sel marin dans l'urine. — Ce travail avait été commencé par le Dr Rautenberg qui n'avait opéré que sur l'urine des herbivores. Le Dr Pfeiffer a repris cette étude et a confirmé les résultats pour l'urine des herbivores. Cette méthode ne convient pas dans tous les cas à l'analyse de l'urine de l'homme, mais il suffira de lui faire subir une très légère modification pour la rendre applicable.

Étude des produits de désassimilation azotés dans les excréments. — On n'a pas fait, jusqu'à présent, grande attention aux produits de désassimilation qui se trouvent dans les excréments et qui ne proviennent pas de fourrages non digérés, ce qui peut donner des résultats erronés pour la détermination de la digestibilité ou des substances utiles d'un fourrage.

La station poursuit en ce moment l'étude des matières azotées de cette classe. Les expériences sont faites sur des porcs que l'on nourrit successivement avec de l'orge égrugée, avec une ration préparée avec des substances non azotées et avec un mélange de matières azotées. Les résultats acquis montrent que les produits de désassimilation azotés des excréments sont proportionnels à la quantité d'aliments digérés.

Détermination des matières azotées des fourrages. — On a commencé ce travail en vue de rectifier le taux d'azote de quelques fourrages, dans les tables du calendrier agricole de Mentzel et Len-

gerke, qui servent à calculer des rations alimentaires. On a fait l'analyse du foin de trèfle, de vesces, du foin de jeunes herbes et de jeunes orges, mais les résultats ne sont pas assez complets pour les publier.

Le plan des recherches de 1885 comprend :

Essai d'engraissement des moutons :

1° Avec fourrage d'engrais normal et emploi comme fourrage principal de pulpes de diffusion sèches ;

2° Avec fourrage d'engrais normal avec addition de sucre en nature et de tourteaux d'arachides ;

3° Avec remplacement partiel des hydrates de carbone du fourrage par de la graisse ;

4° Avec remplacement partiel des hydrates de carbone du fourrage par du sucre en nature.

Étude, sur des moutons, de la digestibilité des pulpes fraîches séchées ou ensilées, ainsi que des acides organiques volatiles que l'on trouve dans les excréments et dans l'urine.

Le laboratoire de la Société d'agriculture de Gœttingue, dirigé par le D[r] Kern et rattaché à la station agronomique, a reçu 610 échantillons divers que l'on peut classer de la manière suivante et 59 échantillons de semences.

Phosphates	7
Superphosphates	99
Guano du Pérou	7
Superphosphates azotés	238
Mélange de superphosphates et nitrate de soude	15
Poudre d'os dégélatinée	18
Sang desséché et autres déchets industriels azotés	5
Nitrate de soude	17
Sulfate d'ammoniaque	18
Kaïnite	1
Terres, marnes et chaux	41
Fourrages	59
Eaux	19
Produits divers	42
Expertises légales	44
Total	610

Les 99 échantillons de superphosphates étaient, à l'exception de

deux, préparés avec des phosphates de Curaçao exempts de fer et d'alumine. On ajoute, le plus souvent, aux superphosphates azotés du sulfate d'ammoniaque ou du sang desséché. Cette addition se pratique surtout quand, en cours de fabrication, on s'aperçoit que le superphosphate ne séchera pas bien et qu'on obtiendra un superphosphate pauvre.

On a examiné 15 mélanges de nitrate de soude et de superphosphate qui renfermaient : azote, 7 p. 100 ; acide phosphorique, 10 p. 100. Dans deux cas, on a trouvé du phosphate précipité mélangé à du nitrate de soude que l'on vend comme engrais de printemps dans lequel l'azote est très assimilable et l'acide phosphorique beaucoup moins.

On a envoyé, au laboratoire, quelques échantillons de cendres de bois et de cendres de tannée ; ces dernières renfermaient du sulfure de calcium qui, sous l'influence des eaux acides du sol, dégage de l'hydrogène sulfuré nuisible pour la végétation. Ces composés sulfurés, quand ils n'ont pas été amenés par les opérations de la tannerie, se forment dans le tan brûlé, par l'action des matières albuminoïdes sulfurées (poils, etc.) sur les mordants alcalins que l'on ajoute en tannerie. Toutes les cendres de tannée renferment ce sulfure et pour éviter qu'il ne puisse nuire lors de l'épandage, il est bon de placer ces cendres en couches stratifiées avec de la terre humide. Les cendres de tannée renferment 3.5 p. 100 d'acide phosphorique et 14.5 p. 100 de potasse ; elles constituent un excellent engrais pour les prairies.

La récolte des betteraves à sucre a été bonne cet automne et on a pu trouver 5 échantillons dont le jus titrait 18 p. 100 de sucre.

Les betteraves de la sucrerie de Gœttingue ont donné de bons résultats ; leur richesse saccharine était comprise entre 13.5 et 16.8 p. 100.

On a envoyé une betterave de Saint-Miguel (Açores), qui provenait de graines françaises (Vilmorin améliorée) et avait été fumée avec du fumier de ferme, elle pesait 1,980 gr. et renfermait 14 p. 100 de sucre rapporté au poids de la racine au moment de la récolte.

Les graisses de voitures sont aussi sujettes à des fraudes ; on y a trouvé 11.6 et 25.7 p. 100 de matières minérales qui étaient en

grande partie du plâtre et de la craie que l'on avait ajoutés pour donner plus de corps à la préparation.

On a reconnu bons tous les fourrages essayés ; les semences comprenaient les échantillons suivants :

Trèfle rouge	13
— blanc	5
Autres trèfles	6
Luzerne	7
Graines de prairie	16
Betterave	12

Les expertises judiciaires ont porté sur de l'eau et du lait.

On a déterminé le point d'inflammation de 12 pétroles qui s'enflammaient à 1°-3° au-dessous de la température d'inflammation minimum.

Cette température est fixée à 21° par une ordonnance de police ; il y aurait avantage à l'élever un peu, afin de diminuer les chances d'incendies.

Station agronomique de Munster.

	ÉCHANTILLONS reçus en 1884.	1885.
Engrais, fourrages, produits alimentaires, eaux, sols, marnes	2310	2075
Semences :		
Essais de pureté et pouvoir germinatif	223	174
Recherche de la cuscute	185	230
Total	2718	2479

Commerce des engrais.

La fabrication de la poudre d'os s'est perfectionnée depuis quelque temps ; on ne dégraisse plus les os en les échaudant, mais on emploie un moyen d'extraction chimique. On extrait ainsi une grande quantité de matières grasses que l'on vend 37 fr. 50 c. le quintal. La poudre d'os dégraissée se vend meilleur marché et pourtant le dissolvant de la graisse n'attaque pas la gélatine et enrichit ainsi la poudre en matière azotée. Les industriels qui fabriquent la poudre d'os par l'ancien procédé, se voient forcés d'adopter la nouvelle méthode d'extraction.

Commerce des graines.

La Société provinciale d'agriculture de Westphalie a passé un traité avec plusieurs maisons de différentes parties de la province, qui s'engagent à soumettre leurs semences à l'analyse et à garantir à leurs clients un certain taux de pureté ainsi qu'un pouvoir germinatif déterminé. Chaque cultivateur peut acheter des graines garanties, ce qui n'est pas à dédaigner, puisque les graines les meilleurs marchés sont précisément les plus impures.

Commerce des fourrages.

Un accord semblable est intervenu entre les marchands de fourrages et la Société d'agriculture. On doit exiger pour les fourrages une garantie sérieuse qui, dans bien des cas, n'est pas à négliger. Une Société d'agriculture avait acheté deux wagons de tourteaux de navette qui étaient assez peu homogènes dans leurs parties. On a trouvé dans deux échantillons pris au hasard :

Protéine	29.38 p. 100.	30.19 p. 100.
Matière grasse	10.27 —	8.63 —

Des tourteaux d'arachide garantis à un taux de 54 p. 100 de protéine et de matière grasse qui contenaient du tourteau de coco, ont donné à l'analyse :

	TOURTEAU de navette.	TOURTEAU de coco.
Protéine	45.68 p. 100.	19.37 p. 100.
Matière grasse	6.69 —	6.33 —

Effets nuisibles des fumées et des eaux d'usines sur la végétation. — La station s'occupe depuis plusieurs années de ces études. On a observé cette année les dommages causés à une forêt par les vapeurs d'acide chlorhydrique provenant d'une usine de produits chimiques. Les feuilles et les aiguilles des arbres qui avaient été atteints présentaient la même apparence que celles qui ont été atteintes par l'acide sulfureux, on y trouve une proportion plus forte de chlore.

Dans un deuxième cas, on a trouvé un champ d'avoine complètement abîmé par des vapeurs d'acide sulfureux ou d'acide sulfurique

qui se dégageaient d'un tas de scories et de coke. On a trouvé beaucoup plus d'acide sulfurique dans les épis au voisinage de ces tas.

Étude sur les engrais.

Il existe dans notre province un grand nombre de terres sur lesquelles on cultive depuis longtemps des lupins et qui sont épuisées par cette culture. Le directeur de la station, avec le concours de 15 agriculteurs, a commencé des essais d'engrais pour savoir si, à côté de la kaïnite, qui donne de la potasse à ces terres, il est bon d'ajouter de l'azote sous forme de poudre d'os et de l'acide phosphorique, sous forme de phosphate de chaux précipité.

On a reconnu que la kaïnite appliquée en automne produirait de bons effets sur la culture des lupins et l'on a cherché combien d'azote les lupins pouvaient fournir à une culture de seigle que l'on ferait succéder.

La kaïnite a été essayée sur les schistes ardoisiers pour la culture des pommes de terre. Il a été impossible de saisir une différence à la récolte ; on a cependant remarqué la bonne influence de la kaïnite ainsi que celle des nitrates qui est plus grande que celle de la poudre d'os et les râpures de cornes.

Plusieurs agriculteurs de l'arrondissement de Wittgenstein ont comparé l'action du nitrate de soude, de la poudre d'os et des râpures de cornes sur les récoltes de pommes de terre. On a trouvé un plus grand nombre de pommes de terre pourries sur les parcelles qui avaient reçu un mélange de nitrate de soude et de superphosphate ; ce n'est que dans un ou deux cas que ce mélange a produit une récolte plus abondante et l'on n'aura de certitude qu'en reprenant ces essais l'année prochaine.

Station œnologique de Geisenheim.

Recherches exécutées en 1884 à la station :

1. Causes de la période de repos de la vigne, des pommes de terre et des tulipes.

2. Influence des engrais azotés sur le développement intérieur des plantes.

3. Étude de l'action de quelques ferments (diastase et invertine), notamment dans le cas des travaux 1, 2 et 10.

4. Transformations que subissent les feuilles de tabac fraîches et les feuilles sèches ; détermination du moment le plus favorable pour la récolte.

5. Assimilation et respiration des feuilles de vigne, maturité du raisin.

6. Étude des causes qui agissent sur la formation et l'accroissement des grappes de raisin.

7. Formation d'hybrides de vignes européennes et américaines.

8. Recherches sur l'infection produite par le *Rœsleria hypogæa*.

9. La jaunisse de la vigne.

10. Recherches sur la fermentation du vin.

11. Essais de fermentations en grand sur des vins du Rhin, de la Haardt, de la Moselle et de la localité ; détermination de la température qui convient pour la fermentation et la qualité du vin.

12. Analyses de moût et de vin, examens chimique et microscopique de vins malades, ainsi que de quelques eaux de puits.

13. Réponses à quelques questions pratiques.

14. Influence de la température sur la fermentation de moûts de richesses saccharines différentes.

15. Recherches sur l'influence de la richesse du vin en acide gallique sur la formation de l'écume.

16. Modification du goût du vin par l'eau oxygénée (liqueur de Busse).

17. Essai du bouilleur de Brüggemann.

18. Conservation des raisins.

19. Modifications que subit l'acide malique dans les boissons analogues au vin que l'on laisse reposer.

20. Dosage des matières minérales et organiques dans les pleurs de la vigne.

21. Action du ciment sur le moût de pomme et de vin.

22. Influences diverses agissant sur l'inversion du sucre brut.

23. Étude de méthodes pour l'analyse des vins.

24. Analyses de moûts de vin et de moûts de fruits.

25. Analyses de vins et du produit de la fermentation des fruits.

26. Essais d'engrais.

27. Observations météorologiques.

On se propose de continuer la plupart de ces travaux pendant l'année 1885.

Station agronomique de Marbourg.

Les analyses chimiques et microscopiques ont augmenté de 171 pendant cette année ; elles se répartissent de la manière suivante :

Engrais	245
Lait et produits de le laiterie	117
Fourrages	190
Semences	67
Betteraves à sucre	10
Terres, marnes, chaux	37
Produits industriels	21
Eaux	405
Produits alimentaires	98
Pétroles	19
Total	1,239

Les échantillons d'engrais venaient presque tous des marchands de la ville. On a trouvé de très petites différences et le plus souvent la marchandise n'était payée qu'après l'analyse. Il est entré cette année au laboratoire 81 superphosphates ammoniacaux et superphosphates azotés, 58 superphosphates, 1 sel de potasse, 16 sulfates d'ammoniaque, 25 nitrates de soude, 9 poudres d'os, 2 poudres de corne, 7 phosphates de chaux précipités, 10 engrais divers et 36 produits bruts. On a trouvé en moyenne dans :

La poudre d'os	3.65 d'azote,	22.15 d'acide phosphorique	p. 100.	
Le nitrate de soude	15.8	—	»	—	—
Le sulfate d'ammoniaque	20.4	—	»	—	—

L'essai du lait se réduisait le plus souvent au dosage de la matière grasse que l'on faisait par les pesées. Une Société laitière qui payait son lait suivant sa richesse en matière grasse, a envoyé 138 échantillons.

On a analysé les fourrages suivants :

52 tourteaux de sésame, 32 farines de graine de coton, 11 tourteaux de coton, 9 tourteaux d'arachide, 3 farines d'arachide, 4 tourteaux de pavot, 1 farine de pavot, 2 tourteaux de coco, 1 farine de coco, 1 mélange de farine de palmier et de coco, 1 tourteau de lin, 4 tourteaux de colza, 9 tourteaux de palmier, 4 de chair en poudre, du son, des marcs de brasserie, du maïs vert et du maïs ensilé. La farine de riz, qui l'année dernière accusait 18 p. 100 de protéine et de matière grasse, en renfermait ces derniers temps de 22.1-26.2 p. 100, les échantillons d'un titre inférieur deviennent plus rares.

Dans les semences de trèfle rouge, on en a trouvé 65 p. 100 sans cuscute et 35 p. 100 avec 4-131 graines de cuscute par kgr. de semence. On a reconnu la présence de la cuscute dans 4 échantillons de luzerne. On a fait 416 analyses de contrôle et 334 analyses payantes, les autres analyses ont été faites à la demande de l'administration.

Station agronomique de Wiesbaden.

1. Étude de méthodes analytiques.
2. Essai des broutilles de hêtre et de pin comme litière.
3. Analyse de terres du vignoble du château de Johannisberg.
4. Essais d'échantillons de phosphate précipité (Thomas) et dosage de l'acide phosphorique soluble au citrate.

On a passé des accords de contrôle avec 3 nouvelles maisons, ce qui porte à 25 les maisons soumises au contrôle de la station, parmi lesquelles 4 marchands d'engrais et de fourrages, 17 d'engrais seulement et 4 de fourrages.

Le directeur de la station a fait, pendant l'année, 4 conférences publiques qui portaient sur des sujets de chimie agricole.

On a exécuté 67 analyses d'engrais, 22 de fourrages, 9 du produit des récoltes, 7 d'eaux et 27 de produits divers.

L'état des finances de la Société d'agriculture n'a pas permis d'établir le contrôle des semences que l'on pensait annexer au laboratoire.

Le plan des recherches de 1885 comprend un essai d'engrais fait avec le phosphate précipité Thomas.

Station agronomique de Bonn.

La Station agronomique de Bonn, dirigée par le Dr Stutzer, est installée depuis 1884 dans un nouveau bâtiment; elle possède aujourd'hui un laboratoire bien outillé, des caves, une serre pour l'essai des semences et un laboratoire séparé pour les opérations délétères.

Le nombre des analyses s'est accru : il s'élève à 2,167 (2,142 en 1883) dont 1,800 échantillons d'engrais, 101 fourrages, 121 semences et 145 produits divers. La correspondance a été assez active pour nécessiter l'adjonction d'un commis au commis principal.

Analyse des engrais. — La station n'examine pas seulement les engrais remis par les agriculteurs des provinces rhénanes, elle se charge souvent aussi de fixer la valeur de produits bruts que des fabricants désirent acheter ou vendre.

37 fabricants d'engrais se sont placés sous le contrôle de la station et sur 1,800 échantillons présentés à l'analyse, on n'a été obligé d'annuler le marché que dans 48 cas, pour lesquels on a fait verser aux agriculteurs une indemnité de 4,700 fr. On a observé quelques falsifications grossières d'engrais.

Analyse des fourrages. — On a envoyé 18 échantillons de tourteaux d'arachide, 11 tourteaux de lin, 13 tourteaux de coton, 8 enveloppes d'arachide, 7 tourteaux de colza, 5 tourteaux de pavot, 4 tourteaux de palmiste, 4 farine de riz, 4 son, 4 poudre de viande, 2 touraillons, 1 tourteau de coco et 15 échantillons de foin ensilé et autres fourrages. Les fourrages étaient en général de bonne qualité. La farine de tourteaux d'arachide et de coton avait été achetée pour de grandes laiteries.

Analyse des semences. — Le contrôle de la station ne s'exerce malheureusement pas encore sur un grand nombre de marchands grainiers. On a analysé quelques semences de trèfle pour y chercher la cuscute et déterminer le pouvoir germinatif. Les autres essais ont été faits sur des graines de prairie, de céréales, de betteraves et de maïs.

Recherches diverses. — On a étudié les conditions dans lesquelles

des broussailles d'essences tannifères donnent la plus grande quantité de tannin sur un hectare.

La méthode qui servait à doser le tannin est devenue plus pratique et l'on peut espérer qu'à l'avenir, les achats de matières tannantes ne se feront plus que d'après l'analyse et suivant leur richesse en tannin. Les essais d'engrais ont été continués dans le vignoble et l'on a essayé la tourbe de divers points de la province comme litière. Les déterminations d'azote dans les fourrages ont été poursuivies et on s'est attaché à trouver de meilleures méthodes pour l'estimation des produits agricoles. On a étudié aussi l'acide phosphorique (soluble dans le sol) que l'on trouve dans les superphosphates et les phosphates précipités.

La détermination de la valeur agricole des matières fécales des grandes villes des provinces rhénanes n'est pas encore terminée et ne pourra être publiée que dans quelque temps.

Le plan d'études de 1885 comprend :

Une étude sur la digestibilité de divers fourrages concentrés et leur action sur la qualité et la quantité du lait (en collaboration avec le régisseur de la ferme de l'Académie agricole de Poppelsdorf); une étude sur la valeur agricole des matières fécales.

Station agronomique de Brême.

1. Étude des propriétés physiques et chimiques des marais.
2. Essais de culture dans les marais.

La station fait en même temps des travaux sur les sols, les engrais et les fourrages.

ÉTUDES FORESTIÈRES

LA FORÊT DU SPESSART

I

Généralités.

La région désignée sous le nom de Spessart est située au nord-ouest de la Bavière, sur la rive droite du Mein. Elle occupe le triangle formé par le dernier coude que dessine cette rivière avant d'entrer dans la plaine de Hanau et de Francfort.

Le relief est formé par une succession de collines mamelonnées, à pentes moyennes, se rattachant à une arête centrale, orientée du sud au nord et dont l'altitude varie entre 500 et 600 mètres.

Géologiquement, cette contrée semble se rattacher, par l'Odenwald, aux soulèvements des Vosges et de la Forêt-Noire : la base minéralogique est formée par les grès bigarrés du système triasique dont les puissantes assises viennent buter, à l'ouest, contre un socle de granit.

La terre végétale, provenant de la désagrégation de la roche, est assez abondante ; elle est composée par un sable siliceux à grains fins, faiblement mélangé d'argile et pauvre en éléments nutritifs. C'est en somme un terrain assez sec, filtrant, maigre et de médiocre qualité pour la production agricole. Aussi les défrichements n'ont-ils été effectués que sur des emplacements restreints, et la forêt s'étend

encore aujourd'hui sur une superficie de plus de 50,000 hectares, d'un seul tenant et sans autres interruptions que les enclaves que forment de rares villages exclusivement habités par une population de bûcherons et autres ouvriers de la forêt. D'ailleurs, par sa profondeur et son hygroscopicité relative, ce sol présente des qualités physiques avantageuses au point de vue forestier ; il est capable de nourrir les plus belles futaies de chêne, sous la condition d'être protégé par des massifs denses et continus, et enrichi par leurs détritus.

Le climat présente la plus grande analogie avec celui des Vosges et de la Forêt-Noire. Les pluies, assez régulièrement réparties, font rarement défaut pendant la saison d'été. La neige persiste pendant plusieurs mois sur les crêtes et, vers le commencement du printemps, quand elle tombe humide et collante, elle occasionne, surtout dans les altitudes moyennes, des dégâts importants.

Les essences spontanées appartiennent toutes au groupe des feuillus. Toutefois les résineux, introduits en grand nombre pour repeupler artificiellement les parties appauvries ou ruinées, jouent aussi un grand rôle ; car, aujourd'hui, ils occupent près de 15,000 hectares, c'est-à-dire un tiers de la surface totale. Ils sont d'ailleurs cantonnés sur les périmètres qui sont en même temps les points les plus exposés aux ravages de la plus désastreuse des pratiques : l'enlèvement des feuilles mortes.

Comme dans toutes les futaies où le hêtre domine, les peuplements feuillus sont de composition très simple. Le hêtre règne en maître ; envahissant par tempérament, il a successivement éliminé toutes les autres espèces. Si les chênes, qui appartiennent tous à l'espèce rouvre (*sessiliflora*), ont pu lui résister, c'est grâce à leur extrême longévité et aux soins incessants dont ils sont l'objet ; encore, dans bien des cantons, ont-ils déjà complètement disparu. Le charme, très rare en plein massif, se montre sur les lisières ; les espèces disséminées, frênes, érables, ormes, ne se rencontrent que dans quelques fonds de vallées où le sol trop humide ne convient pas au hêtre. C'est à peine si, de loin en loin, on distingue, perdu dans un gaulis, un bouleau ou un sorbier des oiseleurs. Les arbustes font à peu près complètement défaut, nulle part ils ne sont assez abondants pour constituer un sous-bois.

La végétation des hêtres est très rapide, surtout dans la jeunesse. Ils atteignent de fort belles dimensions en hauteur et en diamètre. Ils peuvent vivre 200 ans et plus ; mais, à partir de 140 à 150 ans, leur bois présente souvent des altérations plus ou moins graves. C'est vers 120 ans qu'on en tire le meilleur profit.

Les chênes croissant en massif grossissent très lentement : à 200 ans, il n'ont pas plus de $0^{m},50$ à $0^{m},60$ de diamètre ; mais la hauteur de leurs fûts atteint et dépasse parfois 25 à 28 mètres. Leur longévité est très grande : des arbres de 400 et même 500 ans sont encore parfaitement sains ; ils ont alors des dimensions colossales. Les tiges de 1 mètre et $1^{m},20$ de diamètre ne sont pas rares, du reste on ne considère les chênes comme exploitables que quand ils ont $2^{m},50$ à $2^{m},80$ de tour au minimum. Leur bois, nécessairement tendre, très poreux, impropre aux constructions, est d'ailleurs excellent pour le travail.

Les résineux introduits sont : le pin sylvestre, l'épicéa, le pin Weymouth et le mélèze.

Le pin sylvestre, à cause de sa frugalité, a été semé en grandes masses partout où la bruyère avait envahi le sol. Il craint les vents violents et ne semble pas se plaire sur les crêtes ; dans les stations moyennes, la neige lui est funeste, c'est donc surtout dans les zones les plus basses qu'il abonde. En ces terrains ruinés, sa végétation est médiocre, parfois chétive ; même si les conditions sont meilleures, les tiges, bien que d'un aspect vigoureux, sont déviées, sinueuses, comme cela se présente trop souvent chez les sujets de la race dite de Haguenau.

L'epicéa, avec les facultés d'accommodation qui justifient la faveur dont il jouit en Allemagne, a été utilisé partout, de la base au sommet des collines. Dans les sols ayant conservé quelque fraîcheur, sa croissance est assez rapide pour qu'il puisse lutter de vitesse avec le hêtre. Son bois, bien que mou et poreux, est employé sous forme de sciage et de menue charpente ; mais sa résistance à la flexion doit être assez faible et il serait peut-être dangereux de s'en servir dans les grandes constructions.

Le pin Weymouth est bien moins exposé que le sylvestre à être brisé par la neige, aussi a-t-il été planté en assez grande quantité

sur les hauteurs. Sa croissance est rapide et il acquiert en vieillissant des couches de bois parfait d'une valeur bien supérieure à celle de son aubier.

Le mélèze a bien réussi à toutes les altitudes. Son bois de cœur abondant le fait préférer à toutes les espèces résineuses qui lui sont associées. Toutefois, ainsi changé de climat, sa longévité est singulièrement réduite : il ne semble pas devoir dépasser 100 ans. Les tiges de cet âge ont de $0^m,50$ à $0^m,60$ de diamètre.

Parmi des plantations faites sur d'aussi vastes étendues, on est surpris de ne pas trouver une certaine proportion de sapin pectiné, car la station du Spessart serait pour lui presque normale. Sans doute il ne pouvait être employé à reboiser des terrains nus, mais, maintenant que le sol est couvert, il serait avantageux de l'introduire en sous-étage dans les perchis de pin sylvestre prudemment éclaircis.

De tous les produits fournis par ces différentes essences, les seuls qui présentent une véritable valeur sont ceux du chêne. Le bois de hêtre n'est l'objet d'aucun commerce d'exportation sérieux et la consommation locale est impuissante à absorber les immenses quantités disponibles ; aussi les bois de feu n'ont-ils qu'une valeur presque dérisoire. Dans les cantons éloignés des villages, on les laisse souvent pourrir sur place et même, s'il se rencontre des gros arbres dégradés sur pied, quand ils ne sont pas gênants, on les laisse traîner leur agonie, dans cette pensée qu'après leur mort, comme de leur vivant, leurs débris fourniront de l'engrais aux chênes.

Les résineux donnent des bois de sciage, de petite charpente et de menu travail pour les besoins locaux. Ils ont trop peu de qualité pour supporter les frais d'un long transport. Du reste, dans la plupart des cantons, les plantations sont encore de date trop récente pour qu'on puisse en tirer des pièces importantes.

Par contre, les bois de chêne, à la condition qu'ils soient gros, atteignent dans le Spessart des prix très élevés. Actuellement encore, bien que la baisse énorme que les bois de cette catégorie subissent en France se fasse également sentir en Allemagne, les pièces de $0^m,75$ à $0^m,90$ de diamètre se vendent de 70 à 80 fr. le mètre cube en grume, sur le parterre des coupes. Ce sont du reste des bois de choix

pour la menuiserie de luxe ; les larges rayons médullaires qu'ils doivent à leur grand âge se traduisent, lors du débit, en maillures d'une beauté exceptionnelle. De ces chênes, les uns sont exportés en Hollande par le Mein et le Rhin, les autres sont vendus à Munich pour la fabrication des meubles de luxe, quelques tiges saines et les parties utilisables des sujets dégradés sont transformées en merrain sur place.

Le massif est pourvu d'un système complet de voies de transport. Des chemins publics, des routes forestières, dont les chaussées empierrées sont en parfait état d'entretien, assurent des débouchés faciles aux cantons les plus reculés. La forêt est traversée dans sa plus grande largeur par la grande ligne ferrée de Francfort à Vienne, et le Mein est flottable dès son entrée dans la Basse-Franconie.

Partant en voiture d'Aschaffenbourg, on arrive en trois heures à l'enclave de Rohrbrünn, au centre du massif. Trois constructions isolées, entourées de champs et de vergers, forment tout le hameau ; deux sont des maisons (presque des fermes) forestières, où sont logés un garde général et un brigadier, la troisième est une auberge à l'enseigne du *Spessart* dont le *pic-vert* est l'emblème. Cette *Gastwirtschafft* bien connue à 20 lieues à la ronde sert, pendant l'hiver, de rendez-vous de chasse à des hôtes princiers ; pendant l'été, elle est pédestrement visitée par de nombreux touristes de toute l'Allemagne et des artistes de Francfort. C'est aussi un point de rassemblement pour des fêtes populaires dont le tir à la cible et la bière sont les principaux attraits.

Rohrbrünn est d'ailleurs parfaitement situé comme station d'air ; l'artiste et le forestier ne saurait choisir un meilleur centre d'excursions. A quelques pas derrière l'hôtellerie, on entre dans une vieille futaie qu'on n'exploite pas, sacrifice fait à l'art, sous le couvert de l'ingénieuse étiquette : « Massif de protection pour l'enclave ». C'est une sorte de parc sauvage, d'une étendue de plus de 50 hectares et dont les beautés pittoresques ne le cèdent en rien à celles des séries artistiques de Fontainebleau. A chaque pas, des colosses de la végétation attirent le promeneur autant qu'ils l'étonnent : ici, c'est un

vieux hêtre au tronc évidé en forme de guérite, dont la cime arrondie s'étale sur une immense salle de verdure ; là, c'est un chêne énorme, à travers son maigre feuillage on voit blanchir dans le ciel sa tête dénudée par la foudre et par les ans ; plus loin, on traverse une tranchée dont la falaise de feuillage qui se déroule à perte de vue, rappelle les grandes lignes de Villers-Cotterets.

En une heure on arrive facilement au sommet du Geyerskopf, point culminant du Spessart (616ᵐ). Chemin faisant, on rencontre le belvédère d'Annahöhe, sorte de plate-forme rustique, suspendue à 20 mètres au-dessus du sol, entre les fûts de quatre grands chênes. Du haut de cet observatoire, ombragé par la cime des colonnes vivantes qui le supportent, on découvre un panorama superbe. A tous les aspects, la forêt immense cache au loin la terre et les villages sous son épais manteau ; vers le sud-ouest, des lignes bleuâtres dessinent les profils de l'Odenwald ; plus au nord, dans la direction du Taunus, la plaine du Mein se dérobe dans la brume.

On peut varier les promenades à l'infini, en cheminant pendant des heures à travers des sentiers sableux que la nature filtrante du sol maintient toujours secs ; s'attarder à son gré, à la lumière dans les jeunes coupes, ou sous les ombrages des grands arbres, et là, quand la vieille futaie de hêtre succède à la vieille futaie de chêne, le décor change sans rien perdre de sa majestueuse grandeur.

Mais, après avoir payé sa dette à l'*Aesthetik* le forestier doit pénétrer plus avant dans les peuplements pour les étudier dans leur forme et dans leur consistance.

II

Traitement.

Tous les peuplements feuillus, les seuls dont nous nous occuperons, appartiennent à différentes variétés du type connu sous le nom de « futaie régulière », c'est-à-dire que la forêt est composée de massifs d'âges gradués et dans chacun desquels l'élément principal a été obtenu au moyen de régénérations, naturelles ou artifi-

cielles, entreprises vers la même époque sur de grandes surfaces continues.

Tout d'abord, il se dégage d'un examen, même superficiel, ce fait fondamental, que, dans le Spessart, tous les efforts des forestiers convergent vers ce but unique : « *Utiliser les forces naturelles en vue de porter à son maximum la production du sol en gros chêne, étant donnée l'obligation de compter avec le hêtre autant comme auxiliaire que comme ennemi.* »

Pour mieux faire comprendre la nature et l'efficacité des opérations appliquées en présence de faits aussi contradictoires en apparence, nous avons été conduit à partager les peuplements en deux groupes principaux :

1° Ceux âgés de 100 ans et au-dessus, créés par les hasards de régénérations d'aventure, au moyen de procédés dont le souvenir semble perdu ;

2° Ceux âgés de moins de 100 ans et de consistance méthodiquement cherchée.

1° *Peuplements âgés de 100 ans et au-dessus.*

Dans ces moyennes et vieilles futaies, on doit également faire deux catégories :

a. — Les parcelles dans lesquelles, le hêtre formant l'élément principal, on ne rencontre, en fait de chênes, que quelques vieilles écorces, rares débris de la forêt des siècles passés et qui ont peut-être vu plusieurs générations de hêtres s'éteindre à leur pied. Fait remarquable, mais parfaitement logique, les chênes de l'âge des hêtres font ici absolument défaut. Ici ces vieux chênes, ne sont l'objet d'aucun soin particulier, et lorsque les massifs qui les renferment sont arrivés au terme de l'exploitabilité choisie pour les hêtres (généralement 110 à 120 ans), on les régénère. Ces parcelles deviennent de jour en jour moins nombreuses ; on a hâte, en effet, de les rendre à la production normale du chêne momentanément interrompue ; dans 30 ou 40 ans, il n'en existera plus. Actuellement, elles fournissent, avec les bois dépérissants réalisés dans toute la forêt, la presque totalité des chênes livrés à la consommation.

b. — Les cantons où les chênes, plus ou moins nombreux, sont

toujours assez largement représentés pour former un étage dominant à peu près continu. Depuis le commencement du siècle, on a fait tout le nécessaire pour assurer leur existence et favoriser leur développement. Dans ce but, on enlève, successivement et en jardinant, tous les hêtres de l'étage principal, dès qu'ils se montrent nuisibles ou dépérissants ; on respecte scrupuleusement tous ceux de l'étage dominé, quelle que soit leur taille. Puis, sur les points où, en suite de ces extractions, le peuplement est transformé en une futaie de chêne claire et à peu près pure, au fur et à mesure que cet état se présente, on complète les sous-bois par des plantations de hêtres. Pour exécuter ce travail, qui revient en moyenne à 20 ou 25 fr. par hectare, on utilise des jeunes plans de 3 ou 4 ans extraits en forêt, et on les dispose en quinconce avec un espacement de 1 mètre à 1^{m},50 dans tous les sens. Sous l'abri léger des chênes, ces plantations réussissent très bien et se développent assez rapidement pour former fourré 7 ou 8 ans après leur exécution. C'est de cette façon qu'on reconstitue les futaies à double étage dont parlent MM. Lorentz et Parade dans leur cours de culture des bois. Mais, il faut le reconnaître, actuellement du moins, la régénération artificielle joue le rôle principal dans cette opération ; car les semis naturels de hêtre sont trop irrégulièrement répartis et trop inégaux pour protéger efficacement le sol.

Parmi les nombreuses parcelles ainsi traitées nous n'en citerons qu'une, de près de cent hectares d'étendue, dans laquelle les chênes, âgés de 200 ans environ, forment un massif clair à peu près complet. Leurs tiges droites, saines, à écorce lisse, n'ont pas plus de 0^{m},40 à 0^{m},60 de diamètre, avec 20 ou 25 mètres de fût. Le sol est couvert par un sous-bois de hêtre, complété il y a huit ou dix ans, et formant un gaulis serré de cinq à six mètres de hauteur. D'après les prévisions de l'aménagement, cette parcelle doit encore rester plus de cent ans sur pied. Son aspect est d'ailleurs des plus satisfaisants ; l'état de végétation de ces chênes, croissant ainsi la tête libre et le pied couvert dans un sol maintenu toujours meuble et frais, est un sûr garant de l'avenir lointain que, grâce à la prévoyance des sylviculteurs, les aménagistes ont osé leur réserver.

Du reste, ces longues révolutions de 300 ans et plus n'ont rien

de trop surprenant pour le visiteur du Spessart; car sur plusieurs points il rencontre des peuplements que l'on considère comme complets et en pleine croissance, bien que les chênes qui les forment soient certainement âgés de plus de 400 ans. Ces gros arbres sont, il est vrai, plus espacés que dans les parties moins vieilles, mais ce n'est qu'une raison de plus pour veiller davantage à la conservation du sous-bois. Malgré leur grand âge, le bois de ces chênes est encore parfaitement sain; on constate toutefois qu'un grand nombre d'arbres portent des branches mortes; des « *cornes* », dont certaines ont des dimensions à effrayer les plus confiants dans leur avenir. On ne semble pas trop se préoccuper de ces accidents, et il est assez rare, paraît-il, qu'on ait l'occasion de faire remonter jusqu'à la cime l'origine des caries graves. Il est naturel de supposer que les spores des champignons nuisibles circulent plus abondants dans les régions voisines de la terre et que le développement de ces parasites soit plus rapide dans l'atmosphère sombre et humide délimitée par le couvert, que dans les cimes qui s'étalent, en pleine lumière et en plein vent, au-dessus du massif. On constate, en effet, que les plaies faites sur le corps des arbres sont plus nuisibles à ce point de vue que les branches mortes. Pour ne rien omettre, il faut aussi tenir compte de la quantité relativement considérable des arbres dégradés sur pied ou gisants, qui se rencontrent à peu près partout. Il y a, certes, de riches moissons à faire pour les mycologues ou les entomologistes. Mais ces épaves, vivantes ou mortes, constituent un déchet nécessaire, fatal, dans tout mode de traitement où l'on se propose d'élever des arbres de dimensions exceptionnelles en massif de même âge. On est conduit, en effet, à sacrifier nombre d'individus au maintien du massif à l'état complet. C'est un argument employé par les partisans du taillis sous futaie; ils disent, avec quelque apparence de raison, que partout où le sol et le climat permettent de faire une application rationnelle de ce mode, chaque individu, indépendant du massif, peut être traité pour lui-même et exploité à l'heure de sa maturité. Mais, en somme, que représentent ces quelques mètres cubes de bois perdu, en comparaison de la masse énorme de richesses que le temps, avec leur aide, a entassées autour d'eux?

Les véritables curiosités archéologiques de la forêt se trouvent près du village de Rothenbuch. Deux parcelles de près de 50 hectares chacune ne renferment que des vieux chênes âgés de cinq cents ans; ils sont isolés, irrégulièrement disposés, comme on dirait des arbres d'un parc. Le sous-bois leur manque complètement. Le sol est appauvri, durci par l'insuffisance du couvert, mais il est simplement tapissé d'herbes; la bruyère ne l'a pas encore envahi. Malgré leurs nombreuses branches mortes, ces doyens de la forêt ont le fût très sain; on n'en compterait pas plus de 30 à 40 par hectare, mais chacun d'eux fournirait de huit à dix mètres cubes en grume, ce qui, aux prix actuels, représente de 25,000 à 30,000 fr. Pour tout traitement, on les regarde vieillir et on attend. Sur le conseil de M. le Dr Gayer, on a creusé de loin en loin des fossés, dits *de régénération*, qui sont espacés de huit à dix mètres et tracés suivant la perpendiculaire à la ligne de plus grande pente. Leur but est de retenir les feuilles et les eaux pour former un peu d'humus.

Pour préserver de la hache ces cantons historiques, les aménagistes ont eu encore la pieuse pensée de les désigner comme massifs de protection. En fait, ils ne protègent plus rien : ce sont eux les protégés. Peut-être aussi, ce sentiment de respect est-il exagéré par certaines appréhensions bien fondées. Il est hors de doute qu'une régénération naturelle en essences feuillues soit assez chanceuse à tenter dans ces conditions difficiles. Dès lors, parmi les forestiers, quel est celui qui ne craindrait pas d'attacher son nom à une opération qui pourrait avoir pour résultat de remplacer par un banal perchis de pin sylvestre ces vieilles gloires du Spessart ?

2° *Peuplements âgés de moins de 100 ans.*

L'étude des jeunes peuplements nous conduit, tout naturellement, à parler des difficultés que l'on rencontre pour mener à bonne fin des massifs mélangés en chênes et hêtres de même âge. L'historique de cette importante question mérite d'être rappelé sommairement.

Dès que la sylviculture, sortant du domaine de l'empirisme, est devenue une véritable science d'observations, on a constaté, d'une manière générale, les avantages résultant du mélange des essences

entre elles et, plus spécialement, les heureux effets produits sur le chêne quand il vit en mélange avec le hêtre. Après Hartig, MM. Lorentz et Parade font remarquer que cela est surtout vrai lorsqu'il s'agit de sols « légers, siliceux ou calcaires, médiocrement profonds », où les premiers profitent des détritus abondants déposés par les seconds. Ainsi, après avoir été partisan du chêne pur ou faiblement mélangé de hêtre, on arrivait à concevoir une future futaie de chêne, théoriquement obtenue d'un peuplement formé, à son origine, par une immense majorité de hêtres, au milieu desquels se trouveraient, en nombre restreint, des jeunes chênes habilement répartis. Plein de confiance dans l'efficacité des éclaircies, on était convaincu qu'en dirigeant convenablement ces opérations, on assurerait à ces chênes la place progressivement nécessaire à leur complet développement.

Ces idées étaient à peu près généralement admises, aussi bien en Allemagne qu'en France, quand, vers 1850, Gustave Heyer fit paraître une remarquable étude intitulée : *Action de l'ombre et de la lumière sur les essences forestières*[1]. Dans ce travail, qui devait être une véritable révélation pour le monde forestier, G. Heyer, après avoir fait ressortir les avantages incontestables des mélanges, signale leurs dangers. Il formule, à cet effet, les deux règles suivantes :

1° Dans un mélange de deux essences à couvert épais, celle dont la végétation est la plus rapide dans la jeunesse a des tentances à se substituer à l'autre ;

2° Dans un mélange de deux essences, dont l'une à couvert léger et l'autre à couvert épais, cette dernière aura des tendances à devenir envahissante.

Les avertissements de l'éminent professeur de Giessen[2] ne furent pas écoutés tout d'abord ; mais on ne devait pas tardé à s'apercevoir qu'il avait énoncé de véritables lois avec lesquelles il faudrait toujours compter, sous peine des plus graves déceptions. Les tendances envahissantes du hêtre, essence d'ombre par excellence, se manifestèrent d'autant plus que les peuplements vieillissaient. Le travail de

1. *Das Verhalten der Waldbaüme unter Licht und Schatten*. Erlangen, 1852.
2. Plus tard professeur à l'Université de Munich ; mort en 1883.

dégagement pressait partout à la fois ; on était débordé par des éclaircies, toujours plus urgentes, à répéter sur des surfaces sans cesse grandissantes. Dans les parties négligées faute de temps et d'argent, le hêtre reprenait rapidement son œuvre d'élimination ; tellement que, dans nombre de parcelles, il a suffi de quelques années d'abandon pour faire perdre, en même temps que les chênes, le fruit de toutes les dépenses antérieures.

La crise devait être surtout sensible dans le Spessart, où la faible valeur du hêtre rend les éclaircies toujours onéreuses. On pensa y porter remède en élevant les chênes par bouquets, sur de petites surfaces où ils seraient maintenus à l'état pur, au milieu des massifs de hêtre abandonnés à eux-mêmes. Mais, pour avoir des chênes en quantité suffisante, il a fallu multiplier le nombre de ces places, et la charge des éclaircies, bien que sensiblement atténuée, était encore trop fatigante pour les agents et trop lourde pour le budget. Afin de la réduire à son minimum, sur l'avis de M. le professeur Charles Gayer[1], on a adopté le procédé suivant :

Dès qu'une parcelle, appartenant à la catégorie (*a*) décrite ci-dessus, est entrée en tour de régénération, on choisit dans son enceinte les parties où le sol plus fertile, plus profond, mieux exposé, semble plus apte à la production du chêne. On détache ensuite dans ces dernières portions un certain nombre de compartiments, ayant chacun au moins un hectare de superficie, et auxquels on donne une forme aussi régulière que possible. Les surfaces de ces compartiments, additionnées entre elles, doivent fournir, relativement à l'étendue totale de la parcelle, une proportion égale à celle dans laquelle le chêne est appelé à être représenté dans le mélange : soit $^1/_2$, $^1/_3$ ou $^1/_4$.

Cela fait, toute la parcelle est mise à l'état de coupe d'ensemencement sombre. On profite d'une glandée (celles-ci se présentent généralement tous les 5 ou 6 ans) pour régénérer artificiellement par la semence tous les compartiments affectés au chêne. A cet effet, on y recèpe tous les hêtres préexistants, on ouvre des bandes parallèles

1. *Die neue Wirthschaftsrichtung in den Staatswaldungen des Spessarts.* Munich, 1884.

de 0m,20 de largeur, espacées entre elles de 0m,80 à 1 mètre et, dans ces bandes défoncées et cultivées, on répand les glands à raison de 12 à 15 hectolitres par hectare. Deux ans après la levée du semis, on pratique une coupe secondaire large, laquelle, 4 ans plus tard, est suivie d'une coupe définitive.

Parallèlement, on traite les parties abandonnées au hêtre comme le comporte le tempérament de cette essence, c'est-à-dire par coupes secondaires successives, prudemment et lentement répétées pendant l'espace de 15 à 20 ans qui devra toujours s'écouler entre la coupe d'ensemencement et la coupe définitive.

D'ailleurs, la régénération en hêtre s'obtient on ne peut plus facilement ; il suffit d'user de patience. En fait, les faînées complètes ne se présentent guère que tous les 7 ou 8 ans, mais presque tous les ans il se produit des faînées partielles qui apportent à l'œuvre d'ensemble leur utile contingent.

Dans les peuplements ainsi formés, si l'installation artificielle du chêne nécessite une première mise de fonds, du moins les dépenses d'entretien seront réduites à leur minimum. On se bornera, en effet, à continuer l'expurgade des hêtres dans l'intérieur des semis de chêne et leur recépage sur une zone de 2 ou 3 mètres autour des compartiments où ils sont cantonnés. Ces opérations ont pour but de subordonner définitivement le hêtre au chêne, mais elles n'ont pas pour conséquence de le faire disparaître ; car, il est bon qu'on le sache, les hêtres recépés pendant leur jeunesse fournissent toujours des rejets nombreux et abondants. D'ailleurs, deux ou trois recépages, répétés chacun à trois ans d'intervalle, suffisent pour supprimer tout danger d'envahissement. Ces semis de chêne, ainsi maintenus à l'état pur, forment bientôt un fourré, puis un gaulis uniforme et complet ; jusqu'à la dimension de jeune perchis, leur couvert est suffisant pour protéger le sol. C'est seulement à partir de cette époque que le feuillage s'éclaircit fortement et, on compte qu'alors le vent se chargera d'enlever aux hêtres d'alentour, pour le distribuer à leur pied, le supplément de litière dont ils auront besoin. On se propose aussi d'y introduire alors un sous-bois artificiel de hêtre.

On néglige les semis de chênes naturels disséminés au hasard sur

les espaces réservés aux hêtres; à moins, toutefois, qu'ils ne se présentent en grande abondance sur des surfaces de plusieurs ares, qui seront alors traitées comme les précédentes. En général, les semis de hêtre sont complètement abandonnés à eux-mêmes; on prend soin, cependant, pour augmenter les rendements en bois d'œuvre, de répartir dans les vides et dans les clairières un petit nombre de plants résineux (mélèze, épicéa, pin Weymouth) de croissance assez rapide pour ne demander aucun soin particulier.

C'est ici l'occasion de faire remarquer que, dans toutes ces régénérations, on a renoncé à réserver des chênes d'avenir lors du passage des coupes définitives. Ces grands arbres, habitués à l'état de massif, disparaissaient rapidement et sans aucun profit, dès qu'ils étaient isolés. Néanmoins, actuellement, on se propose de réserver des groupes d'arbres au centre desquels se trouveraient renfermés les sujets d'élite. Ceux-ci auraient alors chance de se maintenir; car, progressivement, on les habituerait à l'isolement, en faisant disparaître un à un les tuteurs ou les écrans devenus inutiles.

La méthode des semis par compartiments est appliquée depuis une dizaine d'années. Nous avons parcouru un certain nombre de parcelles, dont quelques-unes très grandes, trop grandes même, puisqu'elles ont près de cent hectares et, partout, les résultats obtenus sont réellement surprenants. Dans ces sols siliceux et secs, où les fautes sont si faciles à commettre et surtout si difficiles à réparer, on ne rencontre pas le plus petit espace qui ne soit en pleine production ; il n'y a ni vides, ni clairières; on chercherait en vain une touffe de bruyère. Ce ne sont que semis de chênes élevant à l'envi leurs cimes vigoureuses, au milieu d'un fourré de feuillage bleuâtre, ou semis de hêtre, buissonnants drus et serrés, sous le couvert de coupes secondaires lentement conduites de manière à retarder intentionnellement leur essor.

Est-ce là la solution vraie, et le dernier mot de la question? Le temps en décidera.

Dès aujourd'hui, on peut y voir la mise en pratique du principe suivant qui sert de base à la culture intensive et dont la notion se retrouve dans tous les actes du peuple allemand : *si, au lieu de disséminer une quantité donnée d'efforts sur des espaces indéfinis, on*

en limite l'application à des surfaces restreintes, on augmente la somme du travail utile et la dépense produit son maximum d'effet. — Peut-être aussi les partisans de l'alternance des essences y trouveront dans l'avenir un champ bien préparé pour expérimenter leur théorie. Quoi qu'il en soit, en présence de résultats si nettement voulus, si complètement acquis, on ne sait trop ce qu'il faut le plus admirer, ou de la méthode elle-même, ou de l'intelligence pratique et de l'esprit de suite qui président à son application.

Il est assez curieux de constater que les idées qui dominent actuellement au Spessart, se faisaient jour à l'École de Nancy à peu près à la même époque. Dès 1872, M. Broillard recommandait à ses élèves de recéper les semis de hêtre préexistants dans les coupes de régénération des forêts à chêne. Il faut, disait-il, installer le chêne le premier, lui subordonner complètement le hêtre si on ne veut pas qu'il soit éliminé. D'après ses conseils, à partir de 1878, dans l'une des séries qui servent de champ d'étude à l'École, on a nettoyé à fond des semis naturels de chêne, pour les mettre et les maintenir à l'état pur sur des espaces continus de 20 à 50 ares, pendant que les parties voisines, abandonnées au hêtre, n'étaient l'objet d'aucun soin. Les deux méthodes sont identiques, mais à Nancy, comme tout est subordonné au principe de la régénération naturelle, à l'exclusion de tout secours artificiel, les résultats sont infiniment plus livrés au hasard. Sans vouloir rien généraliser, nous tenons comme certain que dans toutes les régénérations où, les porte-graines faisant défaut, on sera obligé d'avoir recours à la voie artificielle, la méthode du Spessart sera d'une application heureuse.

Il nous reste quelques mots à dire du traitement adopté pour les gaulis, les perchis et les jeunes futaies méthodiquement créés depuis le commencement du siècle. On retrouve nécessairement dans cette suite de peuplements l'empreinte de la méthode en honneur à l'époque où chacun d'eux a été régénéré.

Les gaulis sont riches en chênes intimement mélangés avec des hêtres. On assure la prédominance des premiers par des nettoiements répétés, en procédant par étêtement. Ces opérations se continuent dans les bas perchis. Mais, à partir de ce moment, s'il se rencontre

des parties d'une certaine étendue où les chênes soient assez nombreux pour former entre eux un massif clair, même très clair, on trouve plus avantageux, au lieu d'y continuer les éclaircies périodiques, d'exploiter systématiquement tous les hètres, quels qu'en soient le nombre et les dimensions. On crée ensuite artificiellement le sous-étage de hètre, tout comme nous l'avons vu faire dans les futaies de 200 ans.

Si les chênes sont espacés, clairsemés, on les soigne individuellement ; on taille hardiment autour de leur tige de façon à y revenir le moins souvent possible.

Les soins nécessaires ont, en général, manqué aux peuplements qui datent de la fin du siècle dernier ; quand on a compris les dangers du mélange intime, il était trop tard pour eux, le mal était fait. Aussi, de toute la forêt, les jeunes futaies de 75 à 100 ans sont les parties les plus pauvres en chêne. Dans un grand nombre de parcelles, le hêtre est absolument pur. Dans ce cas, on n'y touche pour ainsi dire jamais et elles ne semblent pas plus mal s'en trouver : la sélection naturelle s'opère d'elle-même, les tiges les plus fortes surciment les retardataires, qui meurent lentement en favorisant l'élagage naturel. Le feuillage et le couvert atteignent leur maximum de densité ; sur la terre, une épaisse couverture de feuilles mortes se transforme en humus et, suivant l'expression de Gasparin, constitue une « avance » au profit des chênes de l'avenir. — Là on sent que le sol fournit en bois tout ce qu'il est capable de rendre, et on se demande si, en se contentant d'extraire les arbres morts, question d'hygiène et de propreté qui ne doit jamais être négligée dans toute forêt bien tenue, on se demande, disons-nous, si cet abandon relatif ne serait pas, en semblables circonstances, la meilleure manière de conduire une essence comme le hètre, qui aime avant tout à vivre à l'état serré, et dont la valeur s'accroît en raison du cube total du massif, plutôt qu'en raison du calibre des tiges qui le composent.

En résumé, si les peuplements mélangés de chêne et de hêtre sont désirables à tous égards, les problèmes culturaux que soulève leur traitement sont toujours délicats à résoudre. L'installation de tels peuplements, les soins incessants qui doivent les entourer pendant toute leur existence occasionneront toujours des dépenses no-

tables. Pour réduire ces dépenses à leur minimum, l'expérience des faits a conduit les forestiers du Spessart : 1° à ne tenter l'opération que dans les sols fertiles ; 2° à maintenir le chêne à l'état pur pendant sa première jeunesse, sauf à introduire plus tard le hêtre en sous-étage.

III

Aménagement.

L'exposé des règles culturales appliquées dans la forêt domaniale du Spessart, nous conduit à donner quelques éclaircissements au sujet de l'aménagement qui la régit ; car, avec les idées que nous nous faisons, en France, de la forêt ou de la série normale, il semble assez difficile de concilier les exigences spéciales d'un tel mode de traitement avec celles d'un aménagement régulier. Comment, en effet, conduire ensemble et juxtaposés dans une même parcelle, des peuplements dont les uns sont destinés à vivre 300 ans et plus, et les autres 120 ans seulement ?

Pour faciliter l'intelligence de cette question relativement à la forêt qui nous occupe, il nous paraît nécessaire d'indiquer les grandes lignes du système d'aménagement le plus généralement appliqué, non seulement dans l'Empire d'Allemagne, mais encore dans les pays qui appartiennent à la sphère d'action de la science forestière allemande, c'est-à-dire l'Autriche, la Hongrie, la Suisse, l'Italie et la Russie.

Surface englobée dans un même aménagement. — La surface boisée qui fait l'objet d'un aménagement n'est pas, comme en France, limitée à une *forêt* déterminée, à une propriété distincte des massifs voisins par sa situation, par son nom, par son origine, et dont les limites n'ont aucune relation nécessaire avec les divisions administratives. Mais, en général, on considère, pour l'exploiter, pour lui attribuer une possibilité, pour l'aménager enfin, la surface totale d'un cantonnement (*Revier*) ou du moins, dans chacune de ces circonscriptions, l'étendue boisée appartenant à un même proprié-

taire bénéficiant du régime forestier, c'est-à-dire : l'État, une commune ou un établissement public.

En un mot, le cantonnement est l'unité technique[1]. On peut le considérer comme une grande série d'exploitation, soumise dans son ensemble à la condition de rapport soutenu[2].

Par dérogation, quand le cantonnement est exceptionnellement vaste et hétérogène, on le partage en deux ou plusieurs unités aménagées séparément.

Parcellaire. — On procède à l'assiette du parcellaire en allant toujours du grand au petit. On partage tout d'abord l'étendue appartenant au même propriétaire en un certain nombre de grandes masses d'un seul tenant et pouvant comprendre plusieurs centaines d'hectares. Chacune de ces masses, qui se distingue nettement de ses voisines par sa situation naturelle ou certaines considérations économiques, telles que : droits d'usage ou autres, s'appelle un *district*. On distingue chaque district par la suite des chiffres romains ou par un nom de lieu-dit. Le district, considéré comme une unité définie, se divise en parcelles (*Abtheilungen*) suivant les procédés connus. Actuellement, on donne à ces parcelles une étendue maxima de 20 à 25 hectares ; on les numérote par des chiffres arabes. Une même parcelle peut être subdivisée en sous-parcelles (*Unterabtheilungen*). En général, les différences qui nécessitent ce fractionnement doivent disparaître sous l'influence du traitement pendant le cours de la révolution ; mais cette *régularisation* n'a rien d'obligatoire, et on ne sacrifie jamais l'avenir de bois en croissance en vue de la réaliser. Ces sous-parcelles sont distinguées par des lettres.

Classes d'exploitation. — Le parcellaire étant ainsi établi, on

1. Dans les pays où (comme en Bavière jusqu'à ces temps derniers) plusieurs cantonnements étaient groupés pour former une maîtrise (*Forstamt*), c'est cette dernière qui a été prise le plus souvent comme unité technique.

2. Quand un grand massif boisé, divisé en plusieurs cantonnements, est susceptible d'être envisagé dans un travail d'ensemble, on peut, en cas de nécessité, admettre des compensations de produits de cantonnement à cantonnement. C'est précisément le cas pour le Spessart.

réunit dans un même groupe et sans se préoccuper de leur situation relative, toutes les parcelles qui, eu égard aux facteurs de la végétation, sont susceptibles d'être soumises à un même mode de traitement et à une révolution d'égale durée. Chaque groupe ou *classe d'exploitation* (*Betriebs-Klasse*) peut ainsi se composer de parcelles prises çà et là dans tout le cantonnement. Certains aménagistes ont même, exceptionnellement il est vrai, poussé le morcellement jusqu'à colloquer dans des *classes d'exploitation* différentes, des subdivisions d'une même parcelle.

Classe d'âge. — Les parcelles appartenant à une même *classe d'exploitation* sont ensuites rangées dans le tableau dit des *classes d'âge*, lequel, pour les forêts traitées en futaie, comprend quatre divisions correspondant chacune à un quart de la durée de la révolution choisie. Si, par exemple, ce terme a été fixé à 120 ans, la 4e classe, dite des *jeunes bois,* comprendra les peuplements âgés de 1 à 30 ans. La 3e classe, dite des *bois d'âge moyen*, ceux de 31 à 60 ans. La 2e classe, dite des *bois voisins de l'exploitabilité,* ceux de 61 à 90 ans. La 1re classe, dite des *bois exploitables*, ceux de 90 ans et au-dessus.

En additionnant les contenances des parcelles et sous-parcelles réunies dans chacune de ces catégories, on peut juger immédiatement si la *classe d'exploitation* s'éloigne plus ou moins de l'état normal, et prévoir s'il y aura des excédents de matériel à réaliser ou des épargnes à accumuler.

Plan général d'exploitation. — Les révolutions de futaie sont invariablement divisées en périodes de 24 ans, ce qui entraîne la nécessité d'adopter pour la durée de la révolution un chiffre multiple de 24, c'est-à-dire 72, 96, 120, 144, etc... A chaque période sont affectées des surfaces (parties aliquotes de la contenance totale dans chaque *classe d'exploitation*) destinées à être régénérées dans le laps de temps correspondant. *Ces affectations périodiques* (*Perioden-Flächen*) sont le plus souvent morcelées, comme les *classes d'exploitation* auxquelles elles appartiennent.

Le *plan général d'exploitation* est ainsi dressé dans un tableau semblable à celui généralement adopté en France, mais où chaque

parcelle figure dans la colonne de l'affectation où elle a été colloquée, non seulement pour sa contenance, mais encore *pour son volume probable quand elle sera parvenue au terme de l'exploitabilité*. Ce dernier document, presque toujours négligé en France, est appelé à jouer un rôle très important lors de la détermination de la possibilité. On l'établit d'ailleurs différemment suivant l'âge des peuplements considérés.

Pour les bois les plus vieux, ceux appartenant à la 1re et à la 2e classe d'âge, on détermine le volume actuel par des procédés plus ou moins rapides et on augmente ce cube d'une quantité égale à l'accroissement annuel moyen multiplié par le nombre d'années pendant lequel le peuplement devra encore rester sur pied. Les bois d'âge moyen et les jeunes massifs sont évalués d'après leur état actuel et par comparaison avec des peuplements plus âgés présentant des conditions de végétation analogues.

Il est évident que le plan général d'exploitation, étant surtout construit en vue d'égaliser les contenances, les volumes ainsi calculés seront loin d'être égaux de période à période.

Possibilité. — On se préoccupe de l'état actuel de la *classe d'exploitation* et des ressources en matériel qu'elle présente dans son ensemble pour fixer le chiffre de la possibilité applicable dès le début de la période.

Si, ce qui est rare, le tableau des classes d'âge indique une constitution voisine de la normale, on se contente de diviser le *volume probable* accusé par les deux premières affectations par le double de la durée de la période. Le quotient représente le chiffre de la possibilité à prendre dans ces deux premières affectations, soit en produits principaux, soit en produits accessoires [1].

Si la situation actuelle s'éloigne sensiblement de la constitution normale, on considère surtout l'état de la classe des bois d'âge moyen (3e classe). Alors deux cas peuvent se présenter : ou bien le volume probable y est insuffisant, ou il est surabondant.

---

1. On néglige le volume à prendre sous forme d'éclaircie dans les bois d'âge moyen et dans les jeunes bois.

Dans le premier cas, on arbitre la quantité de matériel qui fera défaut dès la 3[e] période, et on prélève sur le volume à réaliser dans les deux premières, un cube suffisant pour combler le déficit. Ce cube devant rester disponible jusqu'au début de la 3[e] période, la possibilité pendant les deux premières sera réduite proportionnellement. Parfois, tout en établissant le fonds de réserve comme il vient d'être dit, on arrive à combler les déficits par la réalisation de vieux arbres épars dans les dernières affectations, lesquels sont enlevés avec précomptage au fur et à mesure de leur exploitabilité.

Dans le second cas, l'avenir étant assuré, on exploite la possibilité telle qu'elle résulte des calculs relatifs aux deux premières affectations, et cela, quel que soit l'excédent de matériel qui aurait pu y être constaté.

Dans certains pays, pour opérer ces ventilations, on se sert de formules souvent ingénieuses, mais toujours très compliquées. Les plus connues sont celles de Hundeshagen et de Heyer et surtout la *Kameral taxe,* employée depuis 1788 jusque vers 1856, par l'administration forestière autrichienne.

On procède de même pour chaque classe d'exploitation dans un même cantonnement, et le volume annuel que celui-ci devra fournir, se compose de toutes ces possibilités partielles additionnées.

État d'assiette (*Fällungs-Plan*). — La possibilité du cantonnement étant ainsi fixée, on porte sur un état des coupes à asseoir pendant la prochaine sous-période de 12 ans, un nombre suffisant de parcelles assez riches en matériel pour que le gérant puisse y recruter le volume des produits principaux, plus toutes les parcelles ou sous-parcelles dans lesquelles des éclaircies sont prévues pour le laps de temps correspondant. En dressant ce tableau, on tient nécessairement compte du degré d'urgence des régénérations à entreprendre ou à terminer, de la situation des parcelles, de la direction des vents dangereux, etc... Le gérant est libre de se mouvoir à son gré dans ce cadre, d'effectuer les coupes qui lui semblent commandées par les circonstances, pourvu qu'à la fin de la duodécennie il se soit conformé aux prescriptions de l'état d'assiette. De ce côté son droit est absolu, à ce point que, si les circonstances l'y invitent, il peut, pen-

dant une ou plusieurs années, recruter toute la possibilité du cantonnement dans une seule *classe d'exploitation,* en laissant reposer les autres pour les reprendre plus tard. Il peut même, si les bois se vendent mal, ne réaliser qu'une fraction de la possibilité, sauf à regagner l'arriéré quand les bois seront d'une meilleure défaite. Les agents de contrôle sont d'ailleurs chargés de veiller à ce que les gérants n'abusent pas de l'autonomie dont ils jouissent, à ce point de vue, comme à beaucoup d'autres.

L'état d'assiette duodécennal constitue, avec un devis des repeuplements artificiels (*Cultur-Plan*) et un devis de construction de voies de vidange (*Wegbau-Plan*), le *Règlement spécial d'exploitation* (*Spezieller Wirthschafts-Plan*) pour la prochaine sous-période.

Révision de l'aménagement. — Afin d'assurer l'application de l'aménagement, de le compléter et de l'améliorer, on effectue tous les 12 ans une révision qui est générale (*umfassende*) ou partielle (*einfache*).

La révision est générale quand il faut modifier le parcellaire, par suite d'achats de terrain, de cessions, d'échanges, ou quand il est nécessaire de remanier le *plan général d'exploitation,* soit en vue de l'application d'un nouveau traitement, soit parce que, en suite d'accidents météoriques, de cubages défectueux, les résultats obtenus ne répondent pas aux prévisions antérieures. Quand ces circonstances ne se présentent pas, la révision est simplement partielle. Dans l'un et l'autre cas, on dresse un nouveau tableau des classes d'âge, on revise la possibilité pour la prochaine duodécennie, on dresse en somme un nouveau règlement spécial d'exploitation et, enfin, on compare les résultats effectifs obtenus avec les prévisions formulées.

L'assiette et l'application de l'aménagement sont contrôlées par la mise à jour des cartes forestières et l'apuration des comptes d'aménagement.

Au point de vue de la cartographie, le royaume de Bavière est particulièrement bien doté. Le Gouvernement met à la disposition du service forestier deux sortes de documents :

1° Les épreuves de la carte au 25,000ᵉ; la réunion des feuilles sur

lesquelles se trouvent les massifs à englober dans un même aménagement, constitue les *cartes forestières d'ensemble ;*

2° Les plans cadastraux détaillés et dressés à l'échelle de 1 à 5,000 ; on en extrait les *cartes forestières spéciales*. Le service du cadastre est chargé de tenir ces documents au courant, d'y porter les limites des parcelles après en avoir calculé les contenances. Les agents forestiers n'ont plus, dès lors, qu'à intercaler les sous-parcelles avec leurs surfaces. Les cartes d'ensemble donnent un aperçu général de l'aménagement : on y indique en effet le mode de traitement, la nature des peuplements et les classes d'exploitation par des teintes conventionnelles. Sur les cartes spéciales, tenues constamment à jour, on figure l'emplacement et la date des coupes annuelles.

Le contrôle comporte la tenue de deux registres : le *grand-livre* et le *sommier de contrôle des exploitations*. Sur ce dernier, on établit un compte séparé dans lequel on porte les quantités de bois abattus chaque année, en distinguant les produits principaux et les produits intermédiaires. A la fin de chaque sous-période, on totalise ces volumes par parcelles et les résultats sont portés au grand-livre. Celui-ci a donc pour but de mettre en évidence, pendant toute la durée de la révolution, le rendement de chaque parcelle et permet, pour chaque sous-période, de comparer les résultats obtenus avec les prévisions de l'aménagement. Ce simple compte de *doit* et *avoir* ne comporte qu'une seule ligne d'écriture par duodécennie.

Ajoutons enfin que toute étude relative à un aménagement nouveau, que toute révision, même partielle, est précédée d'une enquête dirigée par un haut fonctionnaire de l'administration centrale délégué à cet effet. Celui-ci, lors de sa visite, réunit en conférence les principaux agents intéressés ; il discute et arrête avec eux les bases fondamentales suivant lesquelles le travail devra être conçu et établi. Grâce à cette précaution, les aménagistes, pourvus d'une ligne de conduite nettement tracée, opèrent avec confiance et sûreté, sans risque de voir l'économie de leur projet remise en question lorsque le conseil d'administration sera appelé à l'examiner.

Évidemment une forêt aménagée sur les bases que nous venons d'indiquer, avec ses affectations composées de parcelles éparses dans

des *classes d'exploitation* morcelées, sera d'une constitution beaucoup plus complexe que celle de la forêt normale, telle que nous la rêvons en France, construite avec des affectations d'un seul tenant, se succédant de proche en proche dans la série bien massée. Par contre, il faut accorder à cette sorte *d'éclectisme* sa bonne part d'avantages. Nulle méthode ne présente à un même degré la souplesse désirable pour subordonner le traitement d'ensemble à la diversité des exigences locales, pour établir sans trouble ces parcelles de protection dont l'usage, malgré leur efficacité, est encore si peu répandu chez nous, enfin pour réduire à leur minimum les sacrifices d'exploitabilité trop souvent imposés au propriétaire sous prétexte de régularisation.

Sans vouloir faire ici le parallèle entre ce qui se fait en Allemagne et ce qui se fait en France en matière d'aménagement, nous nous contenterons de faire remarquer que si, en Allemagne, on semble tout subordonner à des faits culturaux permanents ou à des faits économiques passagers, il est certain qu'en France, on se laisse trop entraîner vers l'idéal d'une régularité parfois chimérique.

L'aménagement de la partie domaniale du Spessart remonte à 1838.

Les auteurs du projet décidèrent que chacune des trois maîtrises d'Aschaffenbourg, Lohr et Stadtprozelten, dans lesquelles ce vaste domaine était englobé, constituerait une unité technique soumise à une possibilité spéciale[1]. Ils admettaient cependant des compensations de maîtrise à maîtrise pour l'ensemble du massif.

Dans chacune de ces grandes sections administratives, les parcelles ont été groupées en quatre classes d'exploitation respectivement soumises aux révolutions de 144, 120, 96 et 72 ans. La première classe a été constituée au moyen des peuplements les mieux venants, les plus vigoureux, composés de chênes et de hêtres, purs ou mélangés ; il était d'ailleurs stipulé que tous les chênes d'avenir, qu'ils

1. La division administrative du Spessart (partie domaniale) était établie comme suit :

Maîtrise d'Aschaffenbourg	14,786	hectares.
— de Lohr	17,579	—
— de Stadtprozelten	11,307	—
	13,672	hectares.

fussent isolés, disposés par bouquets ou en massifs plus ou moins étendus, seraient mis en réserve pour parcourir une seconde révolution. Les peuplements du même type, mais moins bien venants, tout en restant susceptibles d'être régénérés en mêmes essences, formaient la 2e classe. On a colloqué dans la 3e les parcelles de même composition eu égard aux essences, mais où le mauvais état de végétation nécessitait la substitution temporaire des résineux aux feuillus. Enfin, on soumettait à la révolution de 72 ans, les massifs de pin sylvestre et de mélèze qu'il importait de ramener le plus tôt possible à la production des feuillus.

La première révision a été simplement partielle.

En 1861, une révision générale fut jugée nécessaire. Les faits ayant démontré que la révolution de 120 ans était celle préférable, lorsqu'on veut tirer du hêtre le parti le plus avantageux et en faciliter la régénération naturelle, pensant aussi réduire dans une plus juste limite la durée de la révolution double appliquée aux chênes, la première classe d'exploitation, celle soumise à la révolution de 144 ans, a été supprimée et réunie à la seconde. Le nombre de ces classes était ainsi réduit de 4 à 3, mais aucune modification importante n'était introduite dans le traitement appliqué jusqu'alors aux deux dernières.

Après une enquête où l'opinion contraire avait été vivement discutée et soutenue, l'administration centrale décida que la révision de 1873 serait partielle.

Toutefois, on s'aperçut bientôt que la révision générale ne pouvait plus être différée davantage. D'une part, certaines raisons culturales l'imposaient; de plus, on pouvait prévoir que les changements projetés dans l'organisation du service forestier bavarois[1], en modifiant l'étendue des anciennes maîtrises, rendrait nécessaire le remaniement de tous les aménagements en vue de les faire cadrer avec les nouvelles unités techniques. A cet effet, dès 1882, une conférence fut ouverte sous la présidence de M. le conseiller supé-

1. Une ordonnance royale, en date du 19 février 1885, supprime les anciennes maîtrises bavaroises et les remplace par une organisation calquée sur le système prussien.

rieur Friederich. Les résultats des reconnaissances, les longues discussions qui les ont suivies sont consignées dans un important document que nous devons à l'obligeance de M. le conseiller Viernstein et qui ne contient pas moins de 109 pages in-folio. L'historique de l'aménagement et toutes les questions qui s'y rapportent y sont largement étudiées ; mais le chapitre le plus important est celui relatif au traitement, lequel constitue à lui seul un véritable traité de sylviculture. Dans ce travail, remarquable à plus d'un titre, on peut suivre pas à pas l'évolution qu'ont subie, en Allemagne, les idées relatives au traitement du chêne en mélange avec le hêtre. Nous en avons donné l'analyse dans la première partie de la présente étude.

Les principales modifications prévues par l'avant-projet portent sur le parcellaire et la formation des classes d'âge. Les dispositions suivantes nous ont surtout paru devoir être signalées.

Les parcelles trop grandes seront ramenées à des contenances plus rationnelles (25 à 30 hectares au maximum), en vue d'augmenter l'homogénéité des peuplements. Il conviendra aussi de distraire des anciennes parcelles et d'ériger en parcelles nouvelles certaines crêtes, où les résineux dominent et où le jardinage s'impose à cause du manque d'abri[1]. Enfin, visant la distribution du chêne par compartiments séparés, on recommande de constituer en sous-parcelles toutes les enceintes ayant au minimum un hectare d'étendue et dont la constitution du peuplement *est de nature à influencer le traitement futur*. D'ailleurs, ces sous-parcelles ne seront pas délimitées par de simples filets, mais par des bandes de 30 mètres de largeur destinées à être éclaircies fortement, de façon à dégager les chênes sur les périmètres aussi bien que dans l'intérieur des compartiments. Lors de la description de ces parcelles, on se conformera à la terminologie adoptée par les stations d'expérimentation allemandes et à l'instruction publiée par l'association.

Provisoirement, la commission a été d'avis de conserver encore comme unité technique les limites des anciennes maîtrises.

1. Si on se rappelle que le relief du Spessart est loin d'être assez accusé pour constituer une région franchement montagneuse, on peut juger combien, en Allemagne, on se préoccupe de la protection des massifs, et combien, dans ce but, on use largement du jardinage.

La modification la plus importante se rapporte à la constitution des classes d'âge, en tenant compte des exigences spéciales du chêne. Jusqu'alors, les chênes à réserver, disséminés dans toutes les classes d'exploitation, étaient simplement désignés lors du martelage des coupes de régénération ; ils ne pouvaient, dès lors, constituer une classe spéciale. Les membres de la commission, reconnaissant que les chênes du Spessart doivent rester sur pied environ trois révolutions de hêtre (360 ans), pour acquérir les dimensions qui les font rechercher, sont d'avis que, persévérer dans les anciens errements, c'est amener nécessairement les confusions les plus fâcheuses dans la distribution et la réalisation de ces produits qui constituent le revenu le plus important de la forêt. Il faut reconnaître toutefois que les premiers aménagistes, en mettant en réserve tous les peuplements de chêne, on fait acte de la plus grande sagesse. Grâce à leur prévoyance, depuis près de 50 ans il s'est accumulé dans le Spessart un abondant matériel de vieux chênes auxquels les soins les plus éclairés ont, en quelque sorte, permis de se survivre. De si utiles épargnes devaient avoir pour effet d'atténuer, dans les limites du possible, les importantes lacunes dans la succession des âges dont nous avons indiqué les causes probables à l'article *Traitement*. Actuellement, le moment semble venu d'en commencer la réalisation ; aussi on n'hésite plus à recommander pour ces chênes la formation d'une classe d'exploitation spéciale dans laquelle la révolution sera portée à 300 ans, cette mesure devant fournir les moyens :

1° D'élever le chêne en massif en lui prodiguant tous les soins désirables afin d'arriver à le régénérer systématiquement ;

2° De constituer un matériel normal de chênes permettant d'en réglementer la production et de calculer plus exactement la possibilité dans les autres classes d'exploitation ;

3° Enfin, de soustraire aussi longtemps que possible les peuplements de cette essence aux fâcheuses conséquences de l'enlèvement des litières[1]. On recommande d'ailleurs, comme nous l'avons dit déjà, de ne plus réserver de chênes épars, l'expérience ayant démon-

1. Les populations riveraines du Spessart n'ont, en effet, le droit d'enlever les feuilles mortes que dans les peuplements ayant dépassé l'âge de la demi-révolution

tré que, dans ces conditions d'isolement, ils sont absolument sans avenir.

Sous ces restrictions, la commission engage à conserver les trois classes d'exploitation soumises aux révolutions de 120, 96 et 72 ans, en les constituant d'une manière analogue à ce qui a été fait par le passé.

C'est ainsi qu'après chaque période on peut voir les aménagistes modeler leurs prescriptions sur l'ensemble des faits culturaux acquis, et se hâter d'élargir leur cadre dès que les lois de la nature menacent de le rompre.

IV

Chasse.

Toute étude sur une forêt d'outre-Rhin paraîtrait incomplète si, à son sujet, on ne disait pas quelques mots de la chasse. La forêt du Spessart se prête d'autant mieux à la circonstance qu'elle est en partie affectée aux plaisirs du roi [1].

A cet effet, un vaste enclos d'une contenance de 5,905 hectares est entouré d'une palissade en bois de 2^{m},50 à 3 mètres de hauteur.

Cette clôture n'est interrompue que sur les routes, où elle est remplacée par des barrières mobiles qui ne s'ouvrent que pour livrer passage aux voitures, puis, de loin en loin, par des échelles à deux rampes donnant accès aux piétons, et, enfin, par quelques larges chausse-trapes [2] permettant au gibier du dehors d'entrer dans l'enceinte, sans que celui du dedans puisse en sortir.

1. S. M. le roi Louis II n'a pas la passion de la chasse, mais ses proches parents, les princes Léopold, Louis, Luitpold et Arnulf, viennent au Spessart surtout pour y chasser le sanglier.

2. Ces trappes sont d'une construction aussi simple qu'ingénieuse. Sur une largeur de 4 à 5 mètres, la palissade est remplacée par une série de pieux n'ayant pas plus de 1 mètre de hauteur et sur le sommet desquels est solidement fixé un clayonnage qui descend en plan incliné vers l'intérieur de l'enclos. Toute bête qui, venant du dehors, franchit les pieux, tombe sur le clayonnage dans lequel ses pattes s'engagent et s'embarrassent au point qu'il lui est impossible de faire un effort suffisant pour retourner en arrière. La longueur du plan incliné est d'ailleurs assez grande pour que les animaux de l'intérieur ne puissent le franchir d'un bond.

Ce parc renferme actuellement 38 cerfs, 148 biches de tous âges, 45 faons, 150 sangliers solitaires, 210 marcassins et bêtes de compagnie, 21 brocards et 52 chevrettes. Les cerfs et les chevreuils se nourrissent facilement dans l'enclos; mais les sangliers, qui ne peuvent sortir pour aller à la *viandée* dans les cultures, y mourraient littéralement de faim, à ce point que, du mois d'avril au mois d'octobre, on est obligé de leur porter à manger. Leur nourriture consiste en glands, pommes de terre, marrons d'Inde, orge, avoine, qu'on leur distribue dans différentes petites clairières. Au centre de chacune d'elles sont plantés des pieux alignés et assez rapprochés les uns des autres pour que les marcassins puissent seuls y pénétrer et prendre leur part sans avoir à craindre la voracité des vieux sangliers. Ce n'est pas une des moindres distractions pour les touristes du Spessart que d'aller se poster le soir dans un buisson à proximité d'une de ces salles de festin. En se tenant tranquille, on peut assister à des scènes bien comiques; mais il ne faut pas bouger, car au moindre bruit les convives déboulent dans toutes les directions.

Le nombre des pièces à abattre, en 1885, dans ce parc, est fixé à 12 cerfs dix cors, 30 vieilles biches bréhaignes[1], 50 solitaires, 80 bêtes rousses.

Ces prévisions, en quelque sorte mathématiques, n'ont rien qui doive surprendre ; car, en Allemagne, le gibier est considéré comme une production spontanée du sol et exploité comme une source directe de revenu. L'art d'en tirer parti dans les forêts domaniales est exclusivement de la compétence des forestiers.

Les gouvernements, partageant en cela l'opinion courante, jugent qu'empêcher le forestier de chasser dans la circonscription qu'il administre, c'est l'amoindrir aux yeux des populations et diminuer le goût qu'il a pour son métier. Ils pensent aussi que la recherche du gibier attire le chef de service dans des cantons qu'il visiterait moins s'il n'était pas chasseur.

La chasse est ainsi érigée en une branche de connaissances systématique et raisonnée. Elle est enseignée au même titre que la sylviculture et les jeunes gens qui sortent des universités forestières sont

1. Se dit des femelles stériles.

bien convaincus que le gibier doit être *aménagé* tout comme la forêt qui lui sert de retraite. Aussi, à tous les degrés de la hiérarchie, tous les officiers bavarois sont chasseurs; aucun d'eux ne sort de chez lui sans avoir son arme sur l'épaule. Le plus souvent c'est un fusil double dont le canon droit est rayé et ne se charge qu'avec des balles de petit calibre.

Il est vrai qu'en Allemagne la chasse n'est pas ce jeu bruyant où retentissent les fanfares des trompes, les hennissements des chevaux et les hurlements des chiens, au milieu du pompeux appareil qui constitue la grande vénerie. On ne chasse jamais qu'à tir, soit en requêtant isolément, soit à l'affût, soit en battue. Souvent même la manière de procéder ressemble quelque peu à un braconnage licite. Mais ces plaisirs plus modestes ne sont pas pour cela dépourvus de charmes et, quand, après avoir erré sous bois seul, pendant des heures, acharné à débrouiller une piste qui se dérobe à chaque pas, le forestier parvient, à force de ruse et de patience, à tirer un grand cerf ou un vieux sanglier, il a le droit d'être fier de son coup, car c'est son œuvre personnelle. Il ne doit son succès qu'à *sa science* et à son coup d'œil.

Ce sont de tels hauts faits qui, avec la controverse forestière du jour, alimentent toutes les conversations lors des réunions forestières. L'esprit de corps, l'isolement dans lequel vivent les chefs de cantonnement, justifient ces réunions; la chasse ou la visite d'un chef servent d'occasion pour les multiplier. On travaille pendant la semaine, le dimanche on chasse et, le soir, on se repose en buvant force bière, en chantant de joyeux refrains, souvenirs de l'Université. A Rohrbrünn le hasard nous a fait assister à une de ces fêtes de famille. M. le conseiller Schmitt, en résidence à Wurtzbourg, présidait. Dès qu'il a connu notre qualité, il a eu l'amabilité de quitter sa société pour venir nous faire accueil, il a bien voulu mettre à notre disposition les chefs de cantonnements pour nous faire suivre l'intéressant itinéraire qu'il nous traçait pour le lendemain. Nous devons également à son obligeance, les renseignements que nous allons transcrire.

L'inspection du Haut-Spessart qui vient d'être créée, s'étend sur douze cantonnements, soit 23,171 hectares de forêts domaniales (le

parc compris) et 12,150 hectares de forêts communales. Au point de vue de la chasse, comme au point de vue forestier, c'est le chef de cantonnement (*Revierverwalter*) qui est le gérant autonome et responsable. Les brigadiers, gardes, aides-gardes et surveillants (*Förster, Forstwarte, Forstgehilfen, Forstaufseher*) placés sous ses ordres, sont autorisés à chasser avec lui. L'inspecteur vérificateur (*Forstrat*) en résidence au chef-lieu de la province, surveille de haut et contrôle cette gestion ; il a également le droit de chasser, mais à la condition de prévenir chaque fois le chef de cantonnement. En 1885, on a tué, dans la partie domaniale de l'inspection du Haut-Spessart, et en dehors du parc, 25 cerfs, 33 vieilles biches, 148 brocards (on ne tire pas les chevrettes) et 39 sangliers. Ce qui représente par 1,000 hectares de 1 à 2 cerfs, 2 biches, 9 brocards et 2 sangliers.

Nous ne possédons pas les renseignements relatifs aux produits de la chasse dans les dix autres cantonnements (nouveau style) du Spessart, mais il paraît que leur *possibilité* en ce qui concerne les cerfs et les sangliers est moins élevée que dans le Haut-Spessart.

Toutes les pièces abattues sont vendues à la diligence du chef de cantonnement au profit du Trésor. Le personnel forestier a le droit de préemption et il paie la venaison de chevreuil 1 fr. 25 c. le kilogr., celle de sanglier 1 fr. 25 c. également, celle de cerf 1 fr. De plus, on délivre des primes en argent (*Schussgelder*) aux tireurs qui ont abattu les pièces vendues.

La chasse, dans les forêts communales dépendant du massif du Spessart, est, d'habitude, amodiée pour une durée de six ans. Les preneurs ne l'exploitent pas toujours avec tous les ménagements désirables.

La législation bavaroise, comme du reste celle de toute l'Allemagne, établit des périodes d'ouverture et de fermeture spéciales pour la chasse de chaque espèce de gibier. Ainsi, on ne peut tirer le cerf que du 24 juin au 15 octobre, la biche, du 15 septembre au 6 janvier, le brocard, du 1er juin au 2 février. Le sanglier, assimilé aux bêtes nuisibles en raison des dommages qu'il cause à l'agriculture peut, comme ces dernières, être détruit en tout temps. En se conformant à ces indications, on peut donc chasser pendant toute

l'année. Les permis de chasse sont valables pour un an ; mais, quelle que soit l'époque de l'année à laquelle on les prend, ce délai d'un an court à partir du 2 février précédent.

Nous ne terminerons pas cette relation sans adresser les témoignages de notre vive gratitude à M. le Directeur des forêts qui nous a fourni l'occasion de visiter une région forestière instructive entre toutes. Nous devons également des obligations à MM. les conseillers Viernstein et Schmitt, à M. le professeur Gayer pour les lettres d'introduction et documents qu'ils ont bien voulu nous procurer, enfin, à M. l'Oberförster Loesch et à MM. les Forstassistenten Niedermaier et Verner, qui ont eu l'extrême complaisance de nous accompagner pendant toute notre tournée.

Que tous veuillent bien ici agréer nos sincères remerciements.

Nancy, le 30 décembre 1885.

L. Boppe et E. Reuss.

LES

FORÊTS DE LA GRANDE-BRETAGNE

L'étendue totale de l'Écosse est d'environ 8,080,000 hectares, parmi lesquels on compte à peine 2 millions en terres arables, forêts et gazons ; les trois quarts de la superficie sont occupés par les landes, les eaux des lacs et des rivières, les tourbières et les rochers nus. Il y a lieu d'être surpris quand, à côté de ces immensités en terrains vagues, les tableaux du ministère du commerce, publiés en 1872, accusent seulement 296,734 hectares de terrains boisés.

Tout fait supposer qu'à une période reculée le sol de l'Écosse, aussi bien dans les basses terres que dans les terres hautes, a été recouvert d'épaisses forêts qui ont été successivement détruites par le fer et le feu des conquérants, les luttes de l'époque féodale et les effroyables tempêtes qui bouleversent certains districts à des intervalles à peu près réguliers. La dévastation fut complète, et, en 1707, de toutes les vieilles forêts calédoniennes il ne restait plus que quelques lambeaux dans l'état le plus misérable. L'union des deux royaumes inaugurait une ère nouvelle de calme politique, pendant laquelle le temps et les merveilleuses capacités forestières du sol et du climat auraient certainement réparé bien des désastres si un ennemi héréditaire, plus redoutable que tous les autres, le mouton, n'était resté attaché aux flancs de la forêt.

Les lords et les grands propriétaires fonciers s'émurent enfin d'un tel état de choses, les premiers ils sentirent la nécessité de restaurer les parcs qui entourent leurs demeures seigneuriales, et d'égayer par des massifs de verdure la teinte morne de la bruyère sans fin ; il fallait aussi, dans ces immenses solitudes où le pâturage et la

chasse sont les seules sources de revenu, créer quelques abris au bœuf *highlander*, au mouton à tête noire et au cerf d'Écosse. Bientôt les petits propriétaires suivirent l'exemple des seigneurs ; grâce à l'intelligent patronage de la Société fondée en 1757 sous le nom de *Société choisie d'Edimbourg*, la surface boisée s'étendit progressivement et, en 1812, l'Écosse possédait, outre 200,000 hectares de forêts naturelles, 160,000 hectares de forêts plantées.

L'époque de 1815 marque un temps d'arrêt dans une ère de reboisement si vaillamment ouverte ; ce n'est pas ici la place de rechercher les causes de ce phénomène économique, nous devons toutefois signaler, comme ayant exercé une influence des plus fâcheuses sur l'exploitation rationnelle du sol, la constitution de la propriété sous le régime de la loi de 1636. En vain les Parlements écossais ont cherché à réagir contre les dispositions trop draconiennes de cette loi, dont la principale conséquence est d'engager les propriétaires à ne se considérer que comme usufruitiers des domaines frappés de *substitution* et, par suite, de ne leur laisser qu'un intérêt médiocre à améliorer le fonds pour en augmenter la valeur vénale.

Dès l'instant où on cessait de planter, l'étendue de la surface boisée devait diminuer rapidement ; car, quel que soit le mode de traitement appliqué aux forêts ouvertes sans réserve au pâturage du mouton, toute réalisation du matériel, qu'elle soit la conséquence d'une exploitation hasardée ou d'un accident de force majeure, équivaut à un défrichement. C'est ainsi que les relevés de 1872 accusent pour les forêts une diminution de plus de 60,000 hectares comparativement aux chiffres de 1812. Sont-ce les parcelles naturelles ou les forêts plantées qui ont disparu pendant cette période de 60 ans ? Les documents officiels sont muets à cet égard, mais il y a tout lieu de supposer que le déboisement a porté aussi bien sur les unes que sur les autres ; car, d'une part, la création du chemin de fer des *highland* a nécessité l'emploi d'un grand nombre de traverses que l'on a pu se procurer sur place dans des bois âgés de 50 à 80 ans ; d'autre part, la facilité des transports donnait, à cause de la rareté des bois en Angleterre, à de vieilles parcelles peuplées en bouleau, une valeur inattendue et bien faite pour tenter les propriétaires.

Depuis 1870, on semble reprendre avec ardeur les travaux suspendus pendant trop longtemps et, sur bien des points, on aperçoit de jeunes plantations qui s'élancent avec vigueur et semblent se hâter de grandir pour combler le vide qui les sépare de leurs aînées.

Au point de vue forestier, l'Écosse peut se diviser en deux régions bien distinctes, séparées par une ligne fictive qui, partant de Perth au fond du golfe du Tay, aboutirait à Greenock à l'embouchure de la Clyde. Au sud de cette ligne se trouvent les basses terres, où l'industrie a donné la main à l'agriculture pour constituer une des contrées les plus riches du monde, et la chaîne des monts Cheviot, convertie dans toute son étendue en excellents pâturages à mouton. La situation économique est aussi prospère que possible dans cette plantureuse région et l'exploitation raisonnée du sol ne devait y réserver qu'une place insignifiante à la culture forestière.

Au nord, au contraire, se développe l'âpre massif des Grampians, dont les nombreuses ramifications étendues dans toutes les directions, forment cette rude contrée, rappelant dans ses profils la côte occidentale de la presqu'île scandinave ; on dirait que dans des temps géologiques antérieurs au nôtre, les immenses glaciers du pôle, s'écoulant par-dessus la mer du Nord solidifiée, ont passé sur la haute Écosse, en ont poli et usé les montagnes, creusé les lacs et découpé les rivages. Ici la culture des céréales est confinée sur quelques points privilégiés, vers l'embouchure des fleuves et sur les bords de la mer, où les limons glaciaires constituent un sol des plus fertiles ; tout le reste est couvert par les eaux et par la bruyère. C'est ainsi que sur les 5,252,000 hectares de cette région, on en compte à peine 647,000, ou moins de un huitième en terres arables, en forêts et en gazons. Si de ces 4,605,000 hectares absolument dépourvus de toute culture on attribue la moitié aux lacs, aux escarpements nus et aux cimes arides, il restera encore plus de 2 millions d'hectares en sol capable de nourrir de belles et bonnes forêts. Il y a là un beau problème économique à résoudre pour l'esprit d'initiative de la nation anglaise et, pour ses capitaux, un vaste champ à féconder.

Dans cette dernière région, qui devait tout spécialement nous

attirer, les districts de Perth, d'Elgin et d'Inverness sont ceux qui renferment les plus grands massifs forestiers ; on y compte 100,000 hectares de terrains boisés. C'est aussi dans cette région desservie par un chemin de fer que les forêts sont le plus abordables. Partant de Perth, nous avons traversé l'Écosse de l'une à l'autre mer en faisant escale à Dunkeld, à Blair-Athole, Aviemore, Grandtown, Forres, Inverness et Beauly. Nous avons pu ainsi, tout en visitant spécialement les forêts, nous rendre compte de l'aspect général de la région.

Partout, à quelques pieds au-dessus du niveau de la mer, comme sur les flancs des montagnes à 1000 mètres d'altitude, dans les sables de la dune, comme sur les schistes, les grès rouges, les granits et les gneiss de l'intérieur du pays, nous avons été frappé des merveilleuses conditions que l'humidité constante et l'uniformité du climat offrent à la végétation forestière.

Dans les basses terres, jusqu'à 150 mètres d'altitude, on rencontre sur le bord des routes, à l'état d'arbres isolés, dans les forêts à l'état de massif, les grandes espèces feuillues, telles que : le chêne, l'érable, l'orme, le frêne, le hêtre et le tilleul ; par leur vigueur, la richesse et la coloration du feuillage, tous témoignent des conditions favorables de sol et de climat dans lesquels ils végètent. On reste frappé d'admiration en contemplant les colosses de toutes essences qui bordent les avenues de Scône, de Dunkeld et de Blair-Athole. C'est dans une dépendance de l'un de ces domaines princiers que le doyen vénéré des forestiers écossais nous montrait avec orgueil une forêt de 150 hectares plantée en chêne pur il y a 60 ans, et dont les arbres, espacés de 8 à 10 mètres dans tous les sens, ont de $0^m,33$ à $0^m,45$ de diamètre ; leurs cimes touffues forment un couvert complet sous lequel s'abrite un fourré de rhododendron où pullulent des familles de faisans. Au printemps ce doit être une promenade féérique ; mais, à part le sous-bois dont la luxueuse plantation ne convient guère qu'aux forêts des Nababs, cette superbe futaie d'arbres isolés nous donnait à réfléchir, car il y a peut-être là une des inconnues à trouver pour la solution du difficile problème de l'éducation du chêne pur en futaie.

Dès qu'on franchit l'altitude de 150 mètres, on entre dans le climat

de montagne ; le pin, le mélèze et le bouleau restent les seuls maîtres du sol. Certainement ceux qui ont créé les forêts à la fin du siècle dernier, ont donné une preuve éclatante de leur sens pratique ; appelés à faire grand dès le début, ils ont choisi l'essence indigène, le pin sylvestre d'Écosse ; c'est ainsi qu'ils ont assuré la fortune de leur œuvre et tracé la voie à suivre par leurs successeurs. Ils ont eu aussi la main heureuse en introduisant le mélèze qui, transplanté des cimes glacées des Alpes dans la région tempérée par le Gulf-Stream, s'est naturalisé sans paraître souffrir d'un aussi brusque changement de latitude. Quand, en 1737, le duc d'Athole a rapporté dans ses bagages, comme souvenir d'un voyage dans le Tyrol, les premiers mélèzes plantés dans son parc, il a rendu un véritable service à son pays. Les résultats obtenus au moyen de ces deux seules essences sont réellement merveilleux ; pour qui a visité la grande forêt de mélèze plantée en 1815 sur les rives du charmant lac Ortie, et l'immense rideau de pin qui se déroule au pied de la montagne de Brand-Vood à Grandtown, la question du reboisement de l'Écosse est résolue.

Il n'est pas étonnant qu'à une époque où le hêtre n'était pas employé comme bois d'industrie, on ne lui ait pas réservé la plus petite place dans les plantations ; à l'avenir il serait peut-être bon d'être moins exclusif à son égard, c'est, de nos jours, une essence précieuse, certainement indigène comme le pin et le bouleau et qu'on pourrait utilement substituer à ce dernier ou mieux encore mélanger avec lui sur bien des points. Étant donnés les éclatants succès obtenus avec le mélèze, peut-être ne serait-il pas trop hardi de tenter la naturalisation du pin de montagne dans les tourbières ? Ces immenses éponges recouvrant des cantons entiers, distillent les eaux noires qui donnent à tous les fleuves et à tous les lacs d'Écosse leur teinte sombre caractéristique ; elles ne sont utilisables que par le médiocre combustible qu'on y exploite et, si l'on parvenait à en reboiser une moitié, il resterait encore bien assez de tourbe disponible pour subvenir aux besoins des distillateurs de Whisky.

Tous ces grands massifs créés de toute pièce et pour répondre à des besoins multiples, devaient réserver plus d'une surprise à des forestiers de l'École française, habitués à vivre dans la série amé-

nagée et à ne rechercher dans la forêt qu'un champ de production ligneuse.

Dès nos premiers pas nous sommes arrêtés par des barrières ; tous les massifs sont entourés de clôtures, et le régisseur emporte toujours la clef de ses forêts dans sa poche. Comme on a coutume de les employer dans le Jura pour les bêtes aumailles, ici ces barrières, ces clôtures si coûteuses, sont faites pour garder les moutons et les cerfs ; c'est avec intention qu'on enferme ainsi le loup dans la bergerie. Ce qui devait aussi nous frapper, c'est la monotone régularité des peuplements dans leur âge et dans leur consistance ; tout témoigne de leur origine artificielle et de l'absence complète d'exploitations raisonnées. La forêt grandit telle que la main de l'homme l'a créée ; le sous-bois naturel, sans cesse brouté par la dent du bétail, ne perce nulle part, et, malgré ses immenses ressources, la nature reste impuissante à modifier le travail du planteur ou à réparer les erreurs du bûcheron. Quand la bourrasque d'une exploitation radicale ou celle de la tempête viennent à passer sur un massif, il disparaît sans qu'il subsiste aucun lien entre la forêt du passé et celle à refaire pour l'avenir ; c'est du moins ce que nous avons constaté partout dans le bassin du Tay et de ses affluents; et plus loin encore au pied du Cairn-Gorn. A quelques pas d'un château auquel reste attaché un des plus agréables souvenirs de notre voyage, nous avons rencontré ce qui fut jadis un grand domaine forestier. Il y a 20 ans, la forêt tout entière a été convertie en traverses de chemin de fer ; aujourd'hui il n'en reste rien, que des souches noircies par le temps et des racines décharnées qui jonchent le sol en lui donnant l'aspect d'un immense ossuaire. Quel spectacle navrant de la forêt en ruine ! Le propriétaire actuel fait tous ses efforts pour reconstituer l'ancien état boisé ; mais, avec un système d'exploitation mieux entendu, on lui eut épargné bien du temps et de la dépense.

En effet la perpétuation de la forêt par les seuls moyens naturels semble bien facile en Écosse ; deux véritables observateurs nous ont mis à même d'en juger en nous montrant les essais tentés dans cette voie avec l'appui des intelligents propriétaires des domaines qu'ils régissent. Nous avons admiré les résultats obtenus par eux aussi

bien à Grandtow qu'à Beauly et les forestiers les plus exigeants ne trouveraient pas le plus petit reproche à faire à l'excellence de leur méthode. Rien ne manque à la théorie, pas même les arbres exceptionnellement réservés sur la jeune forêt née de parents connus. Le procédé suivi est des plus simples : chasser le gibier, *exproprier le mouton*, éclaircir prudemment le massif et enlever successivement les porte-graines au fur et à mesure que le jeune repeuplement se forme et grandit.

Toutefois, il ne faudrait pas considérer comme définitif et sans appel l'arrêt de bannissement que nous venons de prononcer contre le mouton ; car s'il faut à tout prix l'éloigner des jeunes bois, plus tard il sera possible de le cantonner et nous sommes convaincus que, dans une forêt régulièrement traitée, le pâturage restreint aux seuls cantons défensables donnera plus de profit qu'une bruyère aussi étendue que la forêt tout entière. En effet, nous l'avons constaté partout et nous ne craignons pas d'être contredit sur ce point, la végétation forestière tue la bruyère, et tous les sols, quelle que soit leur origine géologique, se couvrent d'un tapis complet de verdure sous les peuplements âgés de plus de 30 ans. Si donc on considère la forêt comme défensable à cet âge ; si, adoptant une révolution de 120 ans, on met en réserve les bois âgés de plus de 100 ans pour en obtenir la régénération naturelle, la moitié de la forêt sera ouverte au parcours ; dans cet espace on pourra certainement nourrir plus de moutons qu'on ne saurait le faire dans une lande d'une surface double.

Mais si la réglementation du pâturage est la condition nécessaire lorsqu'il s'agit simplement de créer une forêt, elle n'est pas suffisante lorsqu'il s'agit d'en tirer profit.

Jusqu'ici, nous avons le regret de le constater, rien n'a été fait en Écosse pour donner à la propriété boisée sa véritable situation économique. Les facultés productives du sol et du climat ont été mises en œuvre par des arboriculteurs habiles ; sous leur impulsion, les seules forces de la nature ont accumulé un matériel considérable ; mais toutes ces richesses sont là, exposées à l'insouciance des uns, à l'inexpérience des autres, attendant que la main d'un forestier vienne, par des aménagements raisonnés, leur imprimer le véritable

cachet économique de toute propriété agricole ou forestière, le rapport soutenu et l'amélioration constante de la production.

Certes il ne faudrait pas rendre les forestiers écossais responsables d'un aussi regrettable état de choses ; tous ont compris depuis longtemps que la gestion des forêts qui leur sont confiées, laissait beaucoup à désirer ; mais, quels que soient leurs efforts, ils sont impuissants à faire triompher des idées dont la simple notion n'existe même pas dans le public le plus éclairé. Ils ont à lutter tout à la fois contre le pâturage, contre la routine, contre l'économie des uns ou la prodigalité des autres, et comme si tant d'ennemis conjurés ne suffisaient pas à abattre leur courage, ils ont encore à compter avec les fantastiques folies des chasseurs des deux mondes [1].

C'est ainsi qu'en étudiant tous ces faits nouveaux pour nous, qu'en devisant de tout et encore de la forêt, nous avons terminé à Beauly la série de nos excursions en Écosse. Nous quittions avec regret une contrée aussi pittoresque, aussi intéressante, où l'étude et le souvenir des choses s'allie pour nous à un vif sentiment de reconnaissance envers les personnes. En disant à l'Écosse le *Good-bye* consacré, nous ne pouvons nous empêcher de lui présager un bel avenir forestier ; car il ne faut pas être un bien grand prophète pour tout promettre à une région qui nourrit en même temps le chêne, le hêtre, le mélèze et le pin, où l'on voit fructifier et s'élever en arbres de première grandeur les *Abies Douglasii, nobilis, Menziezii*, les *Sequoias*, les cèdres, en même temps que l'*Araucaria imbricata* et tant d'autres belles espèces exotiques qui ne font que languir misérablement sous le climat de Paris.

Un mot encore sous forme d'avis ; le moment nous semble venu de décider du sort de tant de richesses forestières qui courent le risque d'être compromises précisément à cause de la valeur qu'elles acquièrent tous les jours. Le bois de pin propre au sciage vaut déjà 25 fr. le mètre cube ; celui de mélèze se paie le double ; nous pourrions citer tel peuplement en pin d'Écosse âgé de 80 ans valant,

1. Une chasse au cerf, dans une lande improductive, vient d'être louée à un richissime américain, pour une somme fabuleuse de 250,000 fr., à payer annuellement pendant neuf ans.

7,500 fr. par hectare; tel autre, en mélèze, estimé plus encore; une forêt de 650 hectares peuplée en pin a été vendue, il y a quelques années, 2,300,000 fr., à raison de 2,000 fr. par hectare; les *pineraries* créées dans la dune de Forres trouvaient acquéreur à raison de 3,000 fr. par hectare lorsqu'elles sont âgées de 45 à 50 ans; le jour même de notre passage à Grandtown, le régisseur venait de traiter une fourniture de bois de bouleau pour une somme de 50,000 fr. Tous ces chiffres peuvent être gros de conséquences; les propriétaires de forêts doivent y réfléchir; ils feront bien de se renseigner avant de trop couper, il est temps encore pour eux de profiter des sévères leçons du passé. Le bon Lafontaine a été maître des eaux et forêts, qui sait si dans sa pensée il ne s'adressait pas à des forestiers en racontant la fable de la poule aux œufs d'or?

Sans doute les grands mots d'aménagiste et d'aménagement sont faits pour effrayer bien des propriétaires; à ceux-là nous conseillons d'oublier le mot tout en préparant la chose. Rien ne sera plus facile, après une reconnaissance détaillée d'un domaine forestier, que de le fractionner en un certain nombre de parcelles, et, dans chacune de ces divisions présentant des conditions uniformes de sol et de peuplement, de compter les arbres ayant plus d'un mètre de tour en les classant par catégories de grosseur. On ouvrira ensuite à chaque parcelle un compte séparé sur lequel les chiffres de l'inventaire figureront à son débit, et où seront inscrits à son crédit les volumes enlevés par chaque exploitation; l'examen d'un tel registre permettra toujours de porter les coupes dans les parcelles les plus riches en laissant reposer celles qui paraîtraient fatiguées, et les bilans partiels rendront un compte exact de l'état plus ou moins prospère de la propriété. Certainement après 10 ans de ce régime un aménagement s'imposera de lui-même et l'ordonnance du médecin ne fera plus peur au malade.

Mais notre programme n'était pas rempli et de nouvelles excursions nous attendaient dans la vieille Angleterre. En quatre jours nous courons d'Inverness à Windsor par le canal Saint-Georges, Oban avec séjour pour visiter la grotte de Fingall, Édimbourg, Carlisle et la ligne du Midland.

Ce n'est pas en cinq heures d'une course rapide qu'on peut étudier Windsor, y fût-on conduit par quatre pur sang sous la direction du meilleur des guides.

L'histoire de ce parc splendide a été publiée avec un luxe tout princier par M. Simons, le regretté prédécesseur du conservateur actuel ; c'est presque refaire l'histoire de l'Angleterre que de suivre dans toutes les phases de son développement un domaine où, depuis Guillaume le Conquérant, chaque souverain a donné son nom à l'arbre d'un carrefour. Windsor est le *Westminster abbaye* des végétaux en Angleterre, l'archéologie y tient plus de place que la sylviculture et les représentants de la faune y sont presque aussi nombreux que ceux de la flore. Toutefois le forestier, reléguant sa science au second plan en face d'exigences pittoresques ou artistiques non moins respectables, y trouvera le plus beau champ d'étude de botanique forestière que l'on puisse rêver ; on rencontre sur son chemin, soit à l'état isolé, soit sous forme de massif, des spécimens de toutes les belles essences indigènes ou exotiques croissant en Angleterre, et le soin qu'on a pris d'étiqueter l'âge et l'origine de chaque plantation permettrait d'y poursuivre les expériences les plus intéressantes sur le développement des grands arbres. Il serait plus difficile d'en faire sur leur longévité, car on serait tenté de croire que, dans cette terre sacrée, les arbres ne meurent pas de vieillesse. On retrouve dans ces reliques vivantes l'empreinte de cette sorte de religion des choses innée chez l'Anglais : au souffle d'un peuple qui sait vouloir et dicter ses volontés, les révolutions les plus violentes ont passé partout en respectant les monuments et les arbres !

Tour à tour arboriculteur, officier des chasses, directeur d'ateliers installés pour le royal ouvrier dont la mémoire est vénérée dans toute l'Angleterre, conservateur d'un musée des antiques, le régisseur de Windsor n'a plus un instant de loisir pour être forestier. Est-ce faire de la sylviculture que de préparer des armures en fer pour préserver les preux de la forêt dans la lutte qu'ils soutiennent contre les éléments, ou dresser une béquille au pied de l'invalide amputé d'un membre pendant la dernière tempête ?

Pour qui vient d'Écosse, aller de Windsor à la forêt Neuve, n'est

pas faire un grand voyage; quelques heures suffisent pour nous transporter des bords de la Tamise à la baie de Southampton.

Aussi vieille que le parc de Windsor, la forêt Neuve n'a pas comme lui la bonne fortune d'être la dépendance d'une résidence royale. Un sol trop ingrat a pu la préserver du défrichement même à une époque où la terre labourable s'estimait plus par son étendue que par sa fertilité ; mais, par contre, il a attaché à ses flancs une population pauvre, condamnée à vivre des ressources de la forêt et qui, par des abus inconscients, la menaçait d'une ruine certaine. Pendant des siècles, la forêt Neuve a été la proie d'usagers qui l'exploitaient sans méthode et sans frein; aussi l'on peut y constater que si la bruyère avance moins vite derrière les pieds des ponies que derrière ceux des moutons, elle ne marche pas d'un pas moins sûr. Le seul remède à un tel état de choses était le cantonnement des droits d'usage, à tout prix il fallait faire la part du feu, abandonner une partie pour sauver le reste; c'est ce qui a été fait il y a environ 20 ans. Le sacrifice a été grand, car pour affranchir 5650 hectares il a fallu en céder près de 20000. Mais du moins la partie dégrevée pourra se reconstituer et donner un jour une bonne forêt, tandis que les cantons devenus la propriété exclusive des usagers se consument dans une agonie qui les conduit sûrement à la lande inculte et stérile.

Ce n'est pas en 20 ans qu'on refait une forêt aussi maltraitée; tout d'abord il fallait aller au plus pressé et remettre le sol en état de production; on a repeuplé en résineux les grandes taches de bruyère, et depuis quelques années les forestiers régisseurs cherchent, par une mise en défens soigneusement observée, à remplacer par de jeunes repeuplements naturels les vieux prés-bois autrefois pâturés par les chevaux. Mais quels que soient les soins apportés à cette œuvre de restauration, il faudra 50 ans avant qu'on puisse soumettre le massif à un système d'exploitation régulier et susceptible de fournir un revenu constant. Aujourd'hui des peuplements contigus offrent entre eux les contrastes les plus bizarres; ici ce sont de jeunes pins sylvestres plantés en mélange avec des chênes, ailleurs des chênes purs languissent sur un semis de châtaigniers; à côté, des pins et des hêtres indiquent par le bon état de leur végé-

tation, que c'est sur eux qu'il faut surtout compter pour assurer l'avenir; plus loin encore on rencontre un massif de hêtres séculaires dont l'imposante majesté évoque le surnaturel; on s'attend à voir passer derrière ces troncs fantastiques l'ombre de Guillaume le Roux poursuivant le sceptre de Tyrrel. Sans contester les attraits artistiques qui font de la forêt Neuve un lieu de rendez-vous si cher aux amants de la nature, nous devons déclarer qu'avant longtemps, ce n'est pas là que le forestier, désireux d'enseigner son art, pourra planter sa tente.

Revenu à Lindshurt, nous ne pouvions plus disposer que de trois jours et il entrait dans notre programme de visiter encore la forêt de Dean, aussi c'est presque à travers un rêve que nous l'avons entrevue. L'emplacement où fut autrefois la vieille forêt de Dean, la vraie, celle qui a donné son nom à un important district industriel, se trouve dans l'angle formé par le golfe de la Severn et le bas cours de la rivière Wige. L'immense forêt galloise[1] a disparu presque entièrement pendant les derniers siècles; et dans la crainte d'être accusé de partialité nous n'ajouterons pas ce nouveau méfait à la charge du pâturage, nous aimons mieux supposer qu'elle a été convertie tout entière en charbon ou en poteaux de mine pour les besoins de l'industrie locale. C'est sur ses ruines qu'on a créé la nouvelle forêt de Dean, dont les plantations entreprises il y a moins d'un siècle, occupent déjà 6500 hectares sur les 9000 qui composent le domaine. Les peuplements ont été formés en chêne presque pur; les hêtres, les châtaigniers et les bouleaux disséminés entrent à peine pour quelques centièmes dans le mélange ; les résineux représentés par l'épicéa, le pin sylvestre et le mélèze ne se rencontrent guère que dans les cantons repeuplés depuis moins de 30 ans ou dans les mauvaises parties tourbeuses. La végétation, assez belle en général, varie suivant les qualités du sol, mais partout elle porte le cachet de l'origine artificielle des peuplements. C'est ici l'occasion de faire remarquer combien la forêt plantée en bois feuillus est plus longue à se reconstituer que celle plantée en essences résineuses; tandis qu'en Écosse les massifs de mélèze et de pins sont superbes

1. *Dean, dèn,* forêt en langue celtique.

de végétation, ici les chênes restent courts et ont à peine 4 à 5 mètres de fût. Il faut en chercher la cause dans ces faits que les chênes donnent bien moins de détritus que les résineux et que dans les forêts plantées on ne trouve pas toutes ces essences secondaires spontanées dont les débris organiques augmentent l'épaisseur de la couverture qui entretient la surface du sol dans un état de fraîcheur constant. Aussi, lorsqu'on repeuple en chêne un terrain médiocre et depuis longtemps déboisé, il faut presque une vie d'arbre pour rétablir le sol dans des conditions convenables pour la végétation forestière, et ce n'est guère qu'à la seconde génération qu'on peut voir de tels peuplements entrer dans la phase de la production normale.

En attendant la maturité des bois les plus âgés, on se contente d'y faire des éclaircies qui sont conduites avec sagesse. On peut dire que la forêt de Dean est une forêt d'avenir, elle est du reste entre bonnes mains et la réglementation du pâturage, assurée par des actes qui remontent à Charles Ier, la préserve des plus graves dangers à craindre de ce côté.

Après une longue promenade dans la forêt plantée, on se sent envahi par un sentiment de tristesse qui ne peut être attribué qu'à l'absence du sous-bois ; sans lui, la forêt est morne, sans vie, et le regard se perd dans la vague uniformité de teintes dont rien ne vient interrompre la fade monotonie ; aussi c'est avec un véritable soulagement que nous hâtons le pas pour arriver dans un canton où l'on nous annonce un taillis sous futaie. Enfin et pour la première fois nous allions entrer dans une série aménagée et régulièrement exploitée ! Nous pénétrons dans l'ancien domaine de lord Gage, acheté par la Couronne dans le but primitif d'en faire une dotation ; cette forêt s'étend sur 1375 hectares, elle est aussi en chêne presque pur et depuis plus de 100 ans elle a été exploitée en taillis sous futaie à la révolution de 18 ans.

Ce serait bien ici l'occasion d'appliquer le vieux mot de futaie sur taillis, car le sol est presque entièrement couvert de chênes de toutes catégories, croissant isolés dans les meilleures conditions de végétation. On peut compter près de 200 arbres par hectare depuis le baliveau de l'âge jusqu'à l'ancien 6 fois réservé, tous étalant une cime superbe sur des fûts de 7 à 13 mètres de hauteur ; les taillis

sont nécessairement écrasés sous la réserve, mais quelle richesse et quel avenir dans un tel peuplement! Les plus gros arbres ont maintenant $0^m,35$ à $0^m,45$ de diamètre; pour les couper il faudrait attendre qu'ils en eussent $0^m,60$. Dès aujourd'hui cette série formerait un curieux champ d'expérience pour l'étude de la production du sol dans les forêts bien traitées en taillis sous futaie.

Tels sont les caractères généraux des forêts que nous avons eu la bonne fortune de visiter, grâce à la bienveillance du bureau des forêts, à l'office des Indes, grâce aussi à l'extrême obligeance des lords propriétaires et de messieurs leurs régisseurs. Si notre rapide voyage s'est accompli dans des conditions aussi agréables qu'instructives, il faut en attribuer tout le mérite à notre excellent ami, le colonel Pearson, qui, en nous conduisant avec une précision toute britannique, a gagné le pari de nous faire étudier, en moins de trois semaines, plus de 100000 hectares de forêts disséminées sur les points les plus divers de la Grande-Bretagne, depuis le cap Duncansby jusqu'à la pointe Sainte-Catherine.

Nancy, le 15 décembre 1881.

L. Boppe.

EXPÉRIENCES

FAITES A LA FERME

DE L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

SUR

LA PRODUCTION DU FUMIER

PAR

MM. A. MÜNTZ ET A. CH. GIRARD

Les expériences entreprises en 1885, à la ferme de l'Institut national agronomique, forment la suite et le complément de celles qui ont été instituées en 1883, également à la ferme de l'Institut agronomique, au point de vue de la production du fumier, et qui ont été publiées dans le Bulletin de la *Société des agriculteurs de France*.

Nous avons eu surtout pour but d'étudier le rapport entre les éléments fertilisants, donnés dans les aliments et ceux qu'on retrouvait dans le fumier; c'est-à-dire la déperdition de ces éléments dans des conditions diverses, mais se rapprochant toutes de la pratique agricole.

Le but spécial auquel on se proposait d'arriver et qui a été le point de départ de ces études est celui-ci : *déterminer quelle est la quantité de matière fertilisante qu'apportent au sol les moutons soumis au parcage.* Mais cette question n'a pu, dans la première série d'expériences (1883), être complètement résolue; elle est traitée à nouveau et dans des conditions différentes, dans le cours des recherches que nous exposons ici. — D'autres points ont été

soulevés subsidiairement ; ils présentent une importance pratique telle, que nous avons cru devoir nous en occuper activement.

Déjà, dans les dernières expériences, nous avons fait ressortir la déperdition énorme d'azote qui s'effectue dans la pratique de la stabulation du mouton ; nous avons, cette année, remis cette question à l'étude, en variant la litière et en variant l'alimentation... Ainsi dans un cas on a donné comme litière de la paille ; — dans un autre de la terre ; — dans un cas comme aliment, de la luzerne fraîche ; — dans un autre de la luzerne sèche.

Les points spéciaux que nous nous sommes proposé d'élucider dans le cours de cette étude ont donc été ceux-ci :

1° Déperdition des éléments fertilisants dans les conditions ordinaires de la stabulation des moutons :

A. Alors qu'ils sont nourris au vert.

B. Alors qu'ils reçoivent une alimentation sèche.

2° Détermination de la quantité d'éléments fertilisants restitués au sol dans la pratique du parcage, pour une quantité connue d'éléments ingérés.

3° Comparaison entre la litière de paille et la litière de terre, au point de vue de l'absorption des substances contenues dans les déjections.

Nous commencerons par appeler l'attention sur les difficultés que présentent des recherches de cette nature et dont la principale est, sans contredit, le prélèvement d'un échantillon moyen. Dans les masses peu homogènes que présente la luzerne, soit à l'état sec, soit à l'état frais, on peut arriver avec quelque certitude à prélever un échantillon pouvant remplacer l'ensemble du lot considéré, en opérant sur de grandes quantités de matière qu'on divise au hache-paille, et sur lesquelles on peut opérer ensuite un mélange à peu près suffisant ; mais cette prise d'échantillon se complique de celle des déchets laissés dans la mangeoire et des parties que les animaux ont fait tomber sous eux et qu'ils ont piétinées.

L'échantillonnage du fumier est encore beaucoup plus difficile ; l'homogénéité de la masse ne peut pas être obtenue ; il y a en effet des parties de consistance et de composition très différentes, soit qu'on emploie comme litière ou de la paille ou de la terre ; il faut

alors diviser l'engrais recueilli en plusieurs lots, en réunissant dans chacun d'eux les parties qui ont la même consistance et une composition à peu près identique. Sur chacun de ces lots, dont la quotité est déterminée, on prélève un échantillon moyen proportionnel à cette quotité, et ces divers échantillons, réunis en un seul lot, peuvent représenter la masse de fumier sur laquelle on a opéré. — Dans d'autres cas même, il est nécessaire d'analyser séparément chacun des échantillons représentant les divers lots.

Les résultats se trouvent forcément affectés d'incertitudes et d'erreurs tenant à l'impossibilité de prélever un échantillon rigoureusement exact et à la multiplicité des analyses, dont le nombre augmente les erreurs inhérentes aux procédés d'analyse.

Il ne faut donc demander à des travaux de ce genre, effectués dans les conditions dans lesquelles nous nous sommes placés, que des renseignements en quelque sorte sommaires et non pas des données absolument exactes; il faut de plus s'attendre, quelques soins qu'on y ait apportés, à y rencontrer des anomalies et des contradictions de détail, sur lesquelles il faut passer, pour ne s'attacher qu'aux faits saillants qui indiquent le sens général des opérations.

Nous décrirons une à une les trois séries d'expériences instituées dans le courant de cette année, pour résoudre les questions que nous avons posées plus haut. — Nous avons dans les trois cas opéré sur des moutons appartenant au troupeau de la ferme de l'Institut agronomique et comprenant des croisements des races southdown et solognote, âgés de trois à quatre ans.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE

Emploi d'une litière de paille. — Alimentation à la luzerne verte.

Un lot de 25 moutons pesant ensemble 844 kilogrammes, ce qui fait en moyenne 33k,7 par tête, a été mis en expérience le 15 juin 1885 au matin, après être resté préalablement pendant six jours au régime qu'il devait suivre.

Le sol de la bergerie était bitumé et avait une pente qui permettait l'écoulement, dans un tonneau, des urines pouvant échapper au

pouvoir absorbant de la litière. Celle-ci était composée de paille d'avoine, à raison de 33k,500 pour la durée de l'expérience.

Les moutons recevaient de la luzerne verte prise sur la première coupe du domaine de la ferme. Chaque soir, on fauchait le fourrage ; on le pesait et on le distribuait le lendemain en trois repas : le matin à 7 heures, l'après-midi à 1 heure, et le soir à 6 heures. Tous les deux jours on prélevait pour l'analyse un échantillon qu'on passait au hache-paille et qu'on séchait ; ces échantillons proportionnels réunis constituaient à la fin de l'expérience un échantillon moyen, représentant l'ensemble de la luzerne consommée.

Tous les quatre ou cinq jours, on retirait des râteliers les *déchets* de consommation, c'est-à dire ce que les animaux avaient refusé de manger ; on les pesait, on les échantillonnait au hache-paille ; on en prélevait 1 p. 1000 du poids total qu'on séchait, et on réunissait ces différents lots à la fin de l'expérience.

Outre les déchets des râteliers, il fallait tenir compte du fourrage que les moutons laissaient tomber sur la litière et qu'ils piétinaient. Ces déchets étaient soigneusement enlevés à la fourche une ou deux fois par jour ; ils pouvaient, dans une certaine mesure, malgré les précautions prises, emporter une petite quantité d'urine et même de crottins. On les pesait de temps en temps et on les échantillonnait proportionnellement.

La consommation de la luzerne a été :

	KIL.
Du 15 au 18 juin, de 150 kilogr. par jour, soit au total	450
Les déchets étant trop abondants, on a jugé que la ration était trop élevée et on l'a diminuée.	
Du 18 au 23 juin, elle a été de 100 kilogr. par jour, soit au total	500
A partir de cette date, tenant compte de l'appétit des animaux, on l'a de nouveau augmentée :	
Du 23 juin au 7 juillet, elle a été de 125 kilogr. par jour, soit au total. .	1,750
Luzerne donnée	2,700
L'expérience a duré 22 jours, du 15 juin au matin au 7 juillet au matin.	
Les déchets retirés des râteliers pendant cette période, se sont élevés en totalité à.	348
Les déchets de consommation séparés de la litière	105
Soit parties non consommées.	453

Il convient de retrancher ce poids de celui de la luzerne donnée et on voit ainsi que la quantité réelle de fourrage consommé s'élève à 2,700 kilogr. — 453 kilogr., soit. 2,247
soit par jour et par tête. 4,085
On a mesuré la quantité d'eau bue pendant la durée de l'expérience ; elle a été de 495 litres, soit par jour et par tête . . . . $0^{l},190$

A la fin de l'expérience, le 7 juillet au matin, on procède à la pesée du fumier produit par les moutons pendant les 22 jours d'expérience et à l'échantillonnage. — Le fumier était enlevé par couches successives, stratifiées naturellement ; sur toute la surface et en des points très nombreux, on prélevait, au moyen d'une fourche, des échantillons qu'on a tous réunis sur une surface propre. — Après un mélange très soigné, on a prélevé un nouvel échantillon qui a été coupé en petits morceaux à l'aide d'une hache ; sur cette matière divisée et sensiblement homogène, on a prélevé l'échantillon définitif qui a été séché à l'étuve, après avoir été arrosé d'une dissolution d'acide oxalique, destinée à retenir les vapeurs ammoniacales qui se dégageaient en abondance, même à froid. Nous ferons remarquer ici que pendant le maniement du fumier il se dégage des torrents de vapeurs ammoniacales, et qu'il se produit ainsi une déperdition notable.

	KIL.
Le poids total du fumier s'élevait à	1260,0
Si l'on retranche les $33^{k},5$ de paille-litière, soit . . .	33,5
On constate que la production moyenne par jour et par tête s'est élevée à $\frac{1.260 - 38.5}{22 \times 25}$ soit	2,230 de fumier.

La litière avait du reste absorbé complètement les urines et on n'en a pas retrouvé dans le tonneau.

Nous résumons dans le tableau ci-dessous les données précédentes :

PAR JOUR ET PAR TÊTE.		
Luzerne consommée.	Eau bue.	Fumier produit.
Kil.	Litres.	Kil.
4,085	0,9	2,230

La luzerne consommée avait la composition suivante :

Matières azotées	4.26
Matières grasses et résineuses	0.74
Substances saccharifiables	4.47
Cellulose brute	5.09
Cendres	2.69
Matières pectiques, gommeuses, etc.	13.75
Eau	69.00
	100.00

On a particulièrement dosé dans la luzerne, ainsi que dans les déchets retirés soit des râteliers, soit de la litière, les trois principes fertilisants : azote, acide phosphorique, potasse, et on a trouvé pour 100 :

	DÉCHETS laissés dans les râteliers.	DÉCHETS recueillis sur la litière.	LUZERNE.
Eau	48.510	42.000	69.000
Azote	0.829	0.934	0.682
Acide phosphorique	0.211	0.244	0.146
Potasse	1.147	1.071	0.671

Si on rapporte aux quantités totales pour la durée de l'expérience, on trouve :

	DÉCHETS dans les râteliers dans 348 kil.	DÉCHETS sur la litière dans 105 kilogr.	Dans les deux lots réunis.	LUZERNE donnée dans 2700 kilogr.
	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
Azote	2,885	0,981	3,866	18,414
Acide phosphorique	0,734	0,256	0,990	3,942
Potasse	3,991	1,124	5,115	18,117

Les moutons ont donc consommé en réalité, pendant la durée de l'expérience, la différence entre l'aliment donné et celui qu'ils ont laissé, soit :

	KIL.
Azote	14,548
Acide phosphorique	2,952
Potasse	13,002

Si nous passons maintenant à la litière et au fumier, nous leur trouvons la composition centésimale suivante :

	PAILLE-LITIÈRE.	FUMIER.
Eau	12,000	68,300
Azote	0,343	0,513
Acide phosphorique	0,092	0,259
Potasse	1,779	1,260

En rapportant aux quantités totales, on trouve :

	PAILLE-LITIÈRE dans 33kgr,5.	FUMIER dans 1260 kilogr.
	Kil.	Kil.
Azote	0,115	6,464
Acide phosphorique	0,308	3,263
Potasse	0,596	15,876

Les différences entre ces chiffres représentent la quantité afférente aux déjections, soit :

	KIL.
Azote	6,349
Acide phosphorique	2,955
Potasse	15,280

Enfin, comme dernier élément de calcul, nous avons à considérer l'augmentation de poids des moutons ; ils étaient pesés toutes les semaines, le matin à jeun. On a obtenu les poids suivants :

	KIL.
15 juin	844
23 —	865
30 —	857
7 juillet	874

L'augmentation totale de poids vif du commencement à la fin de l'expérience a donc été de : 30 kilogr.

On sait, d'après des expériences antérieures, que dans le cas d'animaux adultes, une augmentation de poids vif de 100 kilogr. corres-

pond à la fixation de 36^k,30 d'azote ; les 30 kilogr. de poids acquis par nos moutons correspondent donc à la fixation de 1^k,089 d'azote.

Nous ne tenons pas compte de la fixation des principes minéraux qui est presque nulle pour des animaux adultes.

On peut, avec les données précédentes, établir la statique des éléments fertilisants :

1° *Acide phosphorique et potasse.*

	Dans le fourrage consommé.	Dans les déjections.
	Kil.	Kil.
Acide phosphorique	2,952	2,955
Potasse	13,002	15,280

On voit que l'acide phosphorique a été retrouvé en totalité ; la déperdition de potasse a été nulle ; on a même constaté un excédent attribuable à l'imperfection des prises d'échantillon et aux erreurs d'analyse réunies.

2° *Azote.* Pour l'azote, qui doit surtout nous occuper ici, la statique est la suivante :

	KIL.		P. 100.
Azote fixé par l'organisme	1,089	soit	7.50
— retrouvé par le fumier	6,349	—	43.64
— perdu	7,110	—	48.86
Azote consommé	14,548		100.00

Les résultats donnés dans cette première expérience n'ont de véritable signification que par la comparaison que nous ferons avec ceux des expériences suivantes ; nous n'insisterons donc pas en ce moment sur ces chiffres ; mais nous pouvons faire remarquer, en ce qui concerne l'azote, leur concordance avec ceux que nous avaient donnés nos précédentes études. Toutes les opérations que nous avons effectuées se rapprochent de celles de la pratique.

Nous arrivons donc de nouveau à cette conclusion que dans les conditions normales de la stabulation du mouton, il y a une déperdition d'azote d'environ 50 p. 100.

Ce chiffre est assez éloquent pour que nous soyons dispensé d'y insister ; il montre quels efforts il reste à faire à l'agriculteur, pour éviter un fait aussi préjudiciable à ses intérêts. La perte de la moitié

de l'élément qui constitue la principale valeur du fumier, équivaut en réalité à un rendement en fumier moitié moindre, et si dans la pratique on pouvait arriver à éviter cette perte d'une manière complète, c'est comme si avec un même nombre d'animaux et une même alimentation, on obtenait deux fois plus de fumier.

DEUXIÈME EXPÉRIENCE

Emploi d'une litière de terre. — Alimentation à la luzerne verte.

Instituée parallèlement à la précédente, et dans des conditions absolument identiques, cette seconde expérience avait pour but de comparer la valeur de la terre à celle de la paille, en tant que litière, et de se rendre compte, dans une certaine mesure, de la pratique du parcage, si communément répandue en agriculture.

Cette litière de terre devait représenter le sol sur lequel on met les moutons dans la pratique du parcage. Il était en effet impossible de déterminer directement la quantité d'éléments fertilisants restitués à la terre par les déjections des animaux qui séjournaient à sa surface, car on ne peut pas évaluer exactement la totalité des principes utiles contenus dans un sol sur une surface donnée, et si nous avions analysé la terre du parc avant et après le passage des moutons, nous n'eussions pu arriver à aucun résultat tant soit peu précis; tandis que, de la manière dont nous avons opéré, en employant une quantité de terre limitée et rigoureusement connue, nous pouvions déterminer ce qu'il y avait à l'origine, dans cette terre, des principes qui nous intéressent et ce qu'il y en avait après le séjour que les moutons ont fait à la surface. Nous avions ainsi constitué une sorte de champ artificiel, pouvant se comparer, dans une certaine mesure, à la surface d'un champ naturel et ayant des propriétés d'absorption semblables à celles d'une terre cultivée.

La terre dont nous nous sommes servis était une terre sableuse, prise sur le domaine de la ferme de l'Institut agronomique; elle avait été préalablement desséchée à l'air et ensuite passée à travers une claie de 1 cent. 5, on a ainsi enlevé les pierres et les mottes qui eussent pu gêner l'échantillonnage. 4065 kilogr. de cette terre ont

été répandus sur le sol bitumé de la bergerie, de manière à former une épaisseur de 20 à 25 centimètres ; on a prélevé avec le plus grand soin un échantillon de cette terre, puis on y a installé les moutons.

L'expérience a été faite simultanément avec la précédente et dans des conditions tout à fait semblables, sauf la litière.

Un lot de 25 moutons pesant ensemble 862 kilogr. soit en moyenne 34^{k},5, a été installé sur cette terre et soumis à l'alimentation par la luzerne verte. Comme précédemment, on a tenu compte des déchets retirés des râteliers ou de la surface du sol, ainsi que de la consommation d'eau.

La luzerne, du reste, avait la même provenance que dans le cas précédent et a été distribuée exactement dans les mêmes conditions.

		KIL.
La consommation totale a été de		2700,0
Les déchets retirés des râteliers se sont élevés à	289^{k},0	
— de dessous les moutons se sont élevés à	244,4	
La totalité des déchets est donc de		533,5
La consommation réelle du fourrage s'élève donc à		2166,5
La quantité d'eau bue a été de		536 litres.

A la fin de l'expérience, on a enlevé le fumier. On observe nettement deux couches ; la première constituée par une sorte de feutre, formé de déjections et d'un peu de débris de luzerne, le tout mélangé d'une certaine quantité de terre. Cette couche a été pesée en premier lieu ; son poids est de 1690 kilogr.

Cette masse peu homogène a été divisée, puis mélangée à la pelle ; un échantillon en a été soigneusement prélevé et mis à sécher avec de l'acide oxalique. Le dégagement d'ammoniaque était, d'ailleurs, bien moins intense que dans le cas de la litières pailleuse.

La deuxième couche est constituée par de la terre presque intacte, et telle qu'elle était au début de l'expérience, c'est-à-dire que les déjections ont été retenues à la surface. Le poids de cette seconde couche est de 3290 kilogr. On l'a échantillonnée à part.

Le poids total des deux couches s'élève par conséquent à 3290 + 1690 =	4980
La terre mise à l'origine pesait	4065
Le fumier produit pèse	915

Nous réunissons en tableau les données précédentes :

PAR JOUR ET PAR TÊTE.		
Luzerne consommée.	Eau bue.	Fumier produit.
Kil.	Kil.	Kil.
3,900	0,98	1,6

La luzerne consommée était la même que dans la précédente expérience ; sa teneur en éléments fertilisants, ainsi que celle des déchets, étaient les suivantes :

	DÉCHETS laissés dans les râteliers.	DÉCHETS retirés de la terre.	LUZERNE.
	—	—	—
Eau	48.510	43.000	69.000
Azote	0.829	0.945	0.682
Acide phosphorique	0.211	0.210	0.146
Potasse	1.147	1.050	0.671

Si on rapporte aux quantités totales, on trouve :

	DÉCHETS des râteliers dans 289 kilogr.	DÉCHETS sur la litière dans 244^{k},5.	Dans les deux lots réunis.	LUZERNE donnée dans les 2700 kilogr.
	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
Azote	2,396	2,311	4,707	18,414
Acide phosphorique	0,609	0,513	1,122	3,942
Potasse	2,315	2,567	4,882	18,117

Les moutons ont donc consommé en réalité pendant la durée de l'expérience :

Azote	13.707
Acide phosphorique	2.820
Potasse	13,235

L'analyse de la terre a porté non pas sur l'ensemble de la matière qui contenait encore du gravier et de petits cailloux, mais sur de la terre fine séparée par le tamisage. On a déterminé pour un lot de terre la proportion de terre fine et de gravier et on ne s'est occupé ainsi, comme on le fait d'ailleurs toujours dans l'examen d'une terre,

que des parties constituant la terre fine proprement dite, dans laquelle résident les principes de fertilité et les propriétés absorbantes. On a considéré comme ne jouant aucun rôle les parties grossières et on les a ainsi exclues de la discussion. Mais le calcul des résultats de l'analyse rapporte à la terre, telle qu'elle a été employée, c'est-à-dire mélangée des parties grossières, les éléments dosés avant et après le parcage des moutons.

L'azote a été déterminé par la chaux sodée; on n'a dosé que la potasse soluble, après avoir au préalable détruit par l'acide nitrique les propriétés absorbantes de la terre; l'acide phosphorique a été pesé à l'état de phospho-molybdate d'ammoniaque, après attaque préalable par l'acide azotique bouillant.

La terre et le fumier avaient la composition centésimale suivante :

	TERRE avant parcage.	TERRE après parcage.	FUMIER mêlé de terre.
Eau	3.450	5.830	51.650
Azote	0.103	0.117	0.555
Acide phosphorique	0.021	0.024	0.218
Potasse	0.176	0.181	0.782

Si on rapporte aux quantités totales, on trouve :

	TERRE-LITIÈRE avant parcage dans 4065 kilogr.	TERRE après parcage dans 3290 kilogr.	FUMIER dans 1690 kilogr.	Dans les deux lots réunis.
	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
Azote	4,187	3,853	9,380	13,229
Acide phosphorique	0,853	0,789	3,684	4,473
Potasse	7,154	5,955	18,216	19,171

Les déjections contiennent donc :

Azote	9.042
Acide phosphorique	3.620
Potasse	12.017

Passons maintenant à l'examen des moutons qui ont été, comme précédemment, pesés toutes les semaines le matin à jeun.

Les pesées successives ont donné :

	KIL.
15 juin	862
23 —	886
30 —	880
7 juillet	900

L'augmentation de poids vif pendant la durée de l'expérience a été de 38 kilogr. ; on peut en conclure que les animaux n'ont nullement souffert de ce régime. Ces 38 kilogr. de poids vif correspondent à une fixation d'azote de $1^k,379$.

Nous pouvons avec cet ensemble de résultats, établir la statique des éléments fertilisants :

1° *Acide phosphorique et potasse.*

	Dans le fourrage consommé.	Dans les déjections.
Acide phosphorique	2.820	3.260
Potasse	13.235	12.017

Il n'y a pas eu de perdition d'acide phosphorique et de potasse : tout au moins la teneur plus faible en potasse n'est-elle pas assez forte pour faire conclure à une perte réelle. L'augmentation notable de l'acide phosphorique ne pourrait s'expliquer que par une action des déjections sur la terre, action qui aurait rendu soluble une partie de l'acide phosphorique qui se trouve dans la terre à l'état peu attaquable par les acides.

2° *Azote.*

Azote consommé . . . . $13^{kgr},707$

	KIL.	P. 100.
Azote fixé par l'organisme	1,379	soit 10.06
— retrouvé dans le fumier	9,042	— 65.96
— perdu	2,376	— 23.98

Dans tout le cours de ces expériences, quand nous avons employé la litière de paille, cela a été comme on l'emploie le plus souvent dans la pratique agricole, et par suite nos résultats s'appliquent aux conditions réalisées dans la plupart des fermes. Il est évident que si on avait donné une litière plus abondante, ou si on avait renouvelé celle-ci plus fréquemment, on aurait pu, dans une certaine mesure,

éviter la perte d'azote. Mais la litière représente une valeur assez grande, elle n'existe pas en abondance dans toutes les fermes ; il est donc souvent impossible de la donner en plus forte proportion. Cependant là où on peut se procurer de la litière à peu de frais, il y aurait un grand avantage à en mettre une plus forte quantité sous les moutons. Quand cette litière est de la paille, on peut la faire passer dans les râteliers ; les moutons en consomment les parties supérieures et le reste est mélangé à la litière, sur laquelle il forme incessamment une couche nouvelle qui peut, dans de certaines limites, entraver le départ de l'azote ammoniacal. Cette pratique est en usage dans beaucoup d'exploitations.

La première chose qui nous frappe à l'examen des résultats de ces deux expériences, c'est la moindre déperdition d'azote avec la litière de terre ; dans la précédente expérience, nous avons en effet constaté que, par l'emploi d'une litière de paille, on n'a pu retrouver dans le fumier et dans l'organisme animal, que la moitié à peu près de l'azote donné comme fourrage ; 50 p. 100 d'azote ont donc été littéralement perdus pour l'agriculteur ; tandis que dans le cas précédent, où nous avons substitué de la terre à la paille, notre perte d'azote a été beaucoup plus faible ; et, au lieu de cette perte de 50 p. 100, nous en avons constaté une de 24 p. 100 seulement ; 25 centièmes, soit le quart de l'azote, ont donc été par cette pratique conservés dans le domaine, au lieu d'être, comme dans le cas précédent, inutilement déversés dans l'atmosphère.

Les propriétés absorbantes de la terre sont manifestes dans le cas actuel ; il semblerait que, dans la pratique, la substitution d'une litière de terre à la litière de paille aurait pour effet d'éviter, au moins en grande partie, cette déperdition énorme d'azote, que nous avons déjà signalée à plusieurs reprises. Nous appelons la plus sérieuse attention des praticiens sur ce sujet.

Si nous abordons maintenant la question du parcage, au point de vue des éléments fertilisants que le mouton laisse après son passage, et si nous admettons que le sol du parc a les mêmes propriétés d'absorption que la terre que nous avons employée comme litière, nous constatons que la plus grande partie des éléments fertilisants renfermés dans les déjections des moutons est retenue par le sol, tandis

que dans la stabulation sur litière de paille une forte proportion de ces éléments se perd dans l'atmosphère ; il est donc bien différent de laisser les moutons déposer directement leurs déjections sur le sol, ou de les recueillir dans les étables, et de les transporter ensuite sur le sol. Dans le premier cas, en effet, la majeure partie est retenue, tandis que, dans le second, l'azote n'étant pas suffisamment fixé par la litière, se perd en grande partie avant d'avoir été transporté dans le champ.

Ceci explique pourquoi la pratique du parcage qui, à première vue, ne paraît pas devoir donner des résultats supérieurs à ceux de la stabulation, au point de vue de la production du fumier, est en réalité une opération des plus avantageuses pour le cultivateur, et pourquoi aussi elle est appliquée dans diverses régions de la France.

Un mouton nourri d'une alimentation normale, comme celle que nous avons donnée dans le cours de cette expérience, laissera donc sur le sol du parc une quantité d'azote égale à 17 grammes par jour, alors que le même animal en stabulation et nourri de la même manière ne donnera que 11 grammes d'azote dans le fumier qu'il produit à la bergerie.

Ce mouton laissera dans son fumier, qu'il soit à l'étable ou au parc, par jour et par tête :

	GRAMMES.
Acide phosphorique	7
Potasse	22

Il est bien entendu que nous parlons ici d'animaux adultes, comme ceux sur lesquels nous avons opéré, et que nous n'envisageons que l'alimentation *spéciale* que nous avons donnée : car les chiffres sur lesquels nous venons d'appeler l'attention varieront d'un fourrage à l'autre.

TROISIÈME EXPÉRIENCE.

Emploi d'une litière de paille. — Alimentation dans la luzerne sèche.

La troisième série d'expériences a été instituée pour voir si la déperdition d'azote est la même suivant qu'on soumet les animaux au régime vert ou au régime sec. A première vue, il semblerai

qu'aucune cause ne peut intervenir pour différencier les deux régimes au point de vue qui nous occupe. En effet, si les animaux soumis au régime vert boivent peu, ils reçoivent dans leur alimentation même la quantité d'eau nécessaire au fonctionnement normal de leur organisme ; tandis que si le régime sec n'introduit dans le corps de l'animal que de très faibles quantités d'eau, celui-ci en absorbe comme boisson la quantité nécessaire. Il est donc à présumer, et cela ressort des chiffres que nous donnons plus loin, que, dans les deux cas, la quantité d'eau ingérée est sensiblement la même; nous n'eussions pas tenté de faire l'expérience dont nous parlons ici, si les résultats des expériences intéressantes faites par MM. Joulie et Cottu n'avaient pas donné, pour les vaches, de différences sensibles dans la déperdition de l'azote, suivant que les animaux étaient nourris au vert ou au sec.

Nous avons voulu voir s'il en était également ainsi pour le mouton, dans les conditions de nos expériences.

Dans ce but nous avons institué une nouvelle expérience sur les animaux qui avaient servi à la première, mais en substituant l'alimentation par la luzerne sèche à celle par la luzerne verte.

Les 25 moutons pesant ensemble 874 kilogr., soit par tête 35 kilogr., ont été placés, comme dans la première expérience, sur une litière de paille de 33^{k},5.

L'expérience a commencé le 8 juillet au matin et s'est terminée le 31 juillet au matin, elle a duré par conséquent 23 jours pleins. Les moutons recevaient 50 kilogr. de luzerne sèche par jour, soit 2 kilogr. par tête. Cette luzerne de 1re coupe 1885 et 2e coupe 1884, plus ou moins mélangée de graminées, était échantillonnée tous les deux jours et les échantillons proportionnels prélevés ont été réunis à la fin de l'expérience.

La consommation totale a été de 1150 kilogr. ; les déchets pulvérulents retirés des râteliers étaient formés d'une petite quantité de feuilles de luzerne et en grande partie de graines de graminées (*Bromus pratensis* et *sterilis*) ; leur poids a été de 70 kilogr.

Il nous a été impossible de tenir compte des déchets qui se mélangeaient à la litière d'une façon si intime que leur enlèvement était impraticable. Au point de vue de la statique qui nous occupe ici,

cela n'a qu'une importance limitée, puisque nous retrouvons dans le fumier les éléments échappés à la consommation.

La consommation de luzerne sèche, en y comprenant les déchets incorporés au fumier, a donc été de . . . . 1150 kilogr. — 70 kilogr. = 1080^{k},000

Soit par jour et par tête . . . . 1 ,880

La quantité d'eau bue a été de . . . . 1897^{l},5

Soit par jour et par tête . . . . 3 ,3

Cette consommation d'eau est près de quatre fois supérieure à celle qu'on a mesurée pendant le régime vert.

A la fin de l'expérience, le 31 juillet au matin, on a enlevé le fumier en deux couches; la première était formée de déjections presque pures et de déchets tombés des râteliers; la deuxième de paille fortement imbibée de déjections liquides.

Les urines étaient complètement absorbées par la litière.

Les deux couches sont échantillonnées séparément, elles pèsent :

	KIL.
La première	890
La deuxième	283
Soit au total	1173

Si on retranche les 33^{k},5 de paille, on voit que la production moyenne par jour et par tête a été de 1^{k},98.

Le tableau suivant résume les données qui précèdent :

PAR TÊTE ET PAR JOUR.		
Luzerne consommée.	Eau bue.	Fumier produit.
Kil. 1,88	Litres. 3,3	Kil. 1,98

Le regain de luzerne avait la composition centésimale suivante :

Matières azotées	13.24
— grasses	1.42
— saccharifiables	18.16
Cellulose brute	16.63
Cendres	9.09
Corps pectiques, gommes, acides organiques, etc. . .	28.26
Eau	13.20

Ce regain peut être regardé comme étant d'excellente qualité ; la richesse en matières azotées est très grande.

Voici la teneur en éléments fertilisants des déchets retirés des râteliers et celle du regain de luzerne sèche.

	DÉCHETS.	LUZERNE.
Eau	13.400	13.200
Azote.	1.923	2.118
Acide phosphorique	0.515	0.477
Potasse.	1.225	1.640

Si on rapporte aux quantités totales, on trouve :

	DÉCHETS dans 70 kilogr.	LUZERNE donnée dans 1150 kil.
	Kil.	Kil.
Azote.	1,346	24,357
Acide phosphorique	0,361	5,485
Potasse	0,858	18,860

Les moutons ont donc consommé pendant la durée de l'expérience :

Azote.	23.011
Acide phosphorique	5.124
Potasse.	18.002

Ces chiffres comprennent ce qui est attribuable aux déchets piétinés par les animaux et qui étaient tellement imprégnés de déjections et si bien mélangés à la litière, qu'on n'eût pas pu les enlever sans emporter en même temps une notable quantité de fumier. Il y a là une cause d'erreur que, dans des recherches de ce genre, se rapprochant le plus possible de ce qui se passe dans la pratique, il est impossible d'éviter; elle n'influe cependant que dans une mesure assez faible sur le résultat final de ces expériences.

La paille et le fumier produit, divisé en deux couches, avaient la composition centésimale suivante :

	PAILLE-LITIÈRE.	FUMIER couche supérieure.	FUMIER couche inférieure.
Eau.	12.000	53.740	71.250
Azote	0.343	0.884	0.405
Acide phosphorique.	0.092	0.474	0.150
Potasse.	1.779	1.657	1.335

On remarquera en passant que la couche supérieure du fumier est plus riche que la partie inférieure. Ce qui n'a rien d'étonnant, puisqu'elle est presque uniquement formée de déjections.

Si nous rapportons les chiffres aux quantités totales, nous trouvons :

	PAILLE-LITIÈRE dans 33^{kgr},5.	FUMIER 1re couche dans 890 kilogr.	FUMIER 2e couche dans 283 kilogr.	Dans les deux couches réunies.
	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
Azote	0,115	7,868	1,146	9,014
Acide phosphorique.	0,308	4,219	0,425	4,644
Potasse	0,596	14,747	3,778	18,525

Les déjections produites contiennent donc au total :

Azote.	8.899
Acide phosphorique	4.336
Potasse	17.930

Comme dans les expériences précédentes, les moutons ont été pesés chaque semaine, le matin à jeun ; ces pesées successives ont donné :

	KIL.
Le 7 juillet	874
Le 16 —	915
Le 21 —	902
Le 31 —	920

L'augmentation de poids vif a donc été pendant la durée de l'expérience de 46 kilogr., correspondant à une fixation de 1^{k},67 d'azote.

Cette augmentation est plus considérable que celles qu'on avait

précédemment observées, et qui est sans aucun doute attribuable à la richesse de l'aliment donné :

La statique des éléments fertilisants s'établit comme suit :

1° *Acide phosphorique* et *potasse.*

	Dans le fourrage consommé.	Dans le fumier.
Acide phosphorique	5,124	4,836
Potasse	18,002	17,930

La potasse a été retrouvée intégralement; mais il y a eu une moindre quantité d'acide phosphorique dosé dans les déjections que dans le fourrage donné; nous attribuons cette différence plutôt à des causes d'erreur provenant de l'échantillonnage, qu'à une perte réelle.

2° *Azote.*

Azote consommé [1]. . . . . 23^{kgr},011

	KIL.	P. 100.
Azote fixé par l'organisme	1,670	7.25
— retrouvé dans le fumier	8,899	38.67
— perdu	12,442	54.08

Dans cette expérience faite au régime sec, la déperdition en azote a donc été au moins aussi considérable qu'avec le régime vert; ce qui montre que les résultats de MM. Joulie et Cottu ne s'appliquent pas à tous les cas; mais nous devons faire remarquer que l'alimentation, dans notre troisième expérience, a été exceptionnellement riche en matières azotées et, par suite, que le fumier produit était riche en azote, ce qui constitue une cause de déperdition plus grande.

Quoi qu'il en soit, l'expérience que nous relatons ici confirme toutes les observations que nous avons eu l'occasion de faire sur le mouton, d'une perte en azote représentant environ la moitié de la totalité de l'azote donné comme aliment.

Considérons maintenant les quantités d'eau ingérées dans le cas de l'alimentation à la luzerne verte et dans celui de l'alimentation à la luzerne sèche, nous trouvons :

1. En y comprenant celui des déchets qui se sont incorporés au fumier.

	EAU CONSOMMÉE.			
	Directement.	Par le fourrage.	Total.	Soit par tête et par jour.
	Litres.	Litres.	Litres.	Litres.
1re expér. (régime au vert).	495	1550	2045	3,720
2e expér. (régime au sec) .	1897,5	142,6	2040	3,548

On voit que, dans les deux cas, la quantité d'eau absorbée a été à peu de chose près la même ; les déjections devaient donc contenir une même quantité d'eau, et sous ce rapport il n'y a pas de différence à établir entre les deux régimes.

Conclusions générales.

De l'ensemble des résultats obtenus dans le cours de ces expériences, nous pouvons déduire les conclusions suivantes :

1° Dans la pratique de la stabulation du mouton, la perte d'azote représente environ la moitié de ce qui est donné comme fourrage, et cela aussi bien avec un régime sec qu'avec un régime vert. Cette perte paraît être d'autant plus forte que l'aliment est lui-même plus riche en azote et que, par suite, le fumier contient une plus grande quantité de cet élément ;

2° Une litière de terre, employée sur une épaisseur de quelques centimètres, permet de retenir, par ses propriétés absorbantes, la plus grande partie de l'azote des déjections. En substituant donc, dans la pratique agricole, l'emploi de la terre à l'emploi de la paille, on évite en grande partie la déperdition énorme que nous avons toujours constatée ;

3° La pratique du parcage équivaut à la substitution d'une litière de terre d'une épaisseur illimitée à la litière de paille en usage dans les étables. Dans cette pratique, les déjections sont mises immédiatement en contact avec le sol, sont absorbées par celui-ci et ne sont pas sujettes à la grande déperdition d'azote qui se produit dans la stabulation. Cette pratique, au point de vue de l'utilisation des principes fertilisants et de celle de l'azote en particulier, a donc une supériorité évidente, qui justifie l'emploi qu'on en fait depuis un temps immémorial.

NOTICE

SUR

LA VIE ET LES TRAVAUX

Du Docteur A. VŒLCKER

I.

Jean-Christophe-Auguste Vœlcker naquit le 24 septembre 1822 à Francfort-sur-le-Mein. Son père Frédéric-Adolphe, honorable négociant, depuis de longues années établi dans cette ville, avait huit enfants, dont sept garçons et une fille. Auguste était le cinquième garçon par ordre de naissance. D'une constitution chétive pendant son enfance, il fut envoyé tardivement aux écoles et son père étant mort quand il entrait dans sa onzième année, la direction donnée à ses premières études n'eut pas moins à souffrir de cette perte prématurée que de l'état délicat de sa santé.

En 1844, Auguste Vœlcker quittait Francfort pour prendre ses inscriptions d'étudiant à l'Université de Gœttingue où brillaient les premiers professeurs de l'Allemagne. Bien qu'assidu à tous les cours académiques, il montra tout d'abord un penchant des plus prononcés vers l'étude des sciences physiques et naturelles, et obtint, pour préparer ses examens de doctorat, l'admission dans le laboratoire de chimie du célèbre Dr Wœhler.

L'institut chimique de Wœhler, fréquenté par les jeunes savants et les professeurs d'outre-Rhin, jouissait alors d'une grande renommée. Les élèves y trouvaient auprès du maître, non seulement un enseignement des plus étendus et élevés, mais encore ils apprenaient sous ses yeux et à ses côtés à manipuler avec une grande sûreté.

C'est en qualité de préparateur du savant dont les belles découvertes avaient enrichi la chimie organique et inorganique, que Vœlcker fit ses premières recherches sur les sels de manganèse et de cobalt, la mannite, l'huile de pavot et l'écaille de tortue. A son étude sur la composition de l'écaille il dut de pouvoir soutenir la thèse pour le grade de docteur en philosophie (1846)[1].

De Gœttingue, le jeune docteur se rendit à Giessen pour faire un court séjour dans le laboratoire de Liebig et se familiariser avec les méthodes expérimentales de l'illustre savant. Comme celle de Wœhler, l'école de chimie de son ancien collaborateur Liebig, devenue le foyer des découvertes du plus haut intérêt, attirait la jeunesse de l'Allemagne. Les deux ouvrages dans lesquels il avait posé les bases de sa doctrine : *les Applications de la chimie organique à l'agriculture et à la physiologie* et *la Chimie animale*, avaient paru (1840 et 1842) en jetant sur son école le plus vif éclat. Entraîné par ces qualités exceptionnelles de professeur, Liebig avait jusqu'alors concentré ses travaux sur les procédés d'analyse, la détermination d'une foule de corps mal étudiés, et les transformations des composés organiques et inorganiques pouvant servir à développer ses idées théoriques sur la constitution de la science elle-même. Désormais, novateur et réformateur, il s'était confiné dans l'étude de la question de nutrition de la plante et des animaux. Les travaux les plus remarquables en physiologie, exécutés par le savant professeur et ses disciples, datent de la publication des deux ouvrages, et l'on conçoit que dans ce milieu de Giessen, Vœlcker, formé déjà aux méthodes claires et précises de Wœhler, ait fortifié sa vocation vers les recherches de chimie physiologique appliquée à l'agriculture.

Un autre savant, le Dr Mülder, devait également exercer une influence heureuse sur cette vocation. Comme Wœhler et Liebig, le le docteur hollandais avait attaché son nom à d'importantes décou-

---

1. *Untersuch. des Schildpatts* (*Inaug.-Diss.*), in-8°. Göttingen, 1847. — *Ueber d. rothe Färbung d. Manganoxydulsalze* (Liebig, ann. LIX, 1846). — *Ueber d. Löslichkeit d. Hydrate von Kobaltoxyd in Kalilauge* (Liebig, ann. LIX, 1846). — *Ueber einige Schwefelmangan-Verbind.* (Liebig, ann. LIX, 1846). — *Ueber d. Vorkomm. von Mannit in d. Wurzeln von Triticum repens* (Liebig, ann. LIX, 1846). — *Untersuchung d. Behenöls* (Liebig, ann. LXIV, 1847).

vertes dans le domaine de la physiologie, notamment à celle de la formation de l'albumine dans la plante. Son *Essai de chimie physiologique générale* avait complété les vues récemment établies sur les migrations des éléments dans l'organisme et sur les relations intimes entre les deux règnes. Dans une visite que Mülder rendit à Wœhler, à Gœttingue, il obtint, sur la recommandation du maître, que Vœlcker le suivrait comme préparateur à Utrecht. Dès lors, installé au laboratoire de Mülder, Vœlcker put en collaboration avec lui, poursuivre des recherches dont les principaux résultats parurent en allemand dans une traduction qu'il publia à Francfort[1]. De ses travaux personnels sur les composés albuminoïdes, il fit plus tard l'objet de deux mémoires présentés à l'Association britannique pour l'avancement des sciences[2].

Tandis qu'il travaillait à Utrecht, Vœlcker reçut du professeur James F. W. Johnston, d'Édimbourg, en visite chez Mülder, l'offre de remplacer son préparateur, le Dr Fromberg, que le gouvernement hollandais venait d'appeler à une haute situation, et de prendre la direction du laboratoire de l'Association écossaise de chimie agricole. Fromberg avait traduit en anglais la *Chimie physiologique* de Mülder, et Vœlcker avait traduit en allemand ses *Recherches chimiques*. Les deux préparateurs échangeaient pour ainsi dire leurs situations sous les auspices du savant dont ils avaient interprété les récentes œuvres.

L'Association écossaise, dont le laboratoire était confié à Vœlcker, avait pour but le perfectionnement scientifique de l'agriculture. Fondée en 1843, pour une durée de cinq années, sur l'initiative de quelques riches fermiers du Mid Lothian, l'Association comptait plus d'un millier de membres, parmi lesquels les plus grands propriétaires et les cultivateurs les plus réputés de l'Écosse. Le chimiste titulaire avait pour mission de satisfaire, par des analyses d'engrais, de sols, de nourritures, etc., aux demandes des associés, et en outre de faire des conférences et de diriger les fermiers qui consentaient à entreprendre sur leurs propres terres des expériences culturales.

---

1. *Mülder's Scheikundige Onderzœkingen; übersetz.* 3 Hefte, in-8°. Frankfurt.a.M. (1847-1848).

2. *On caseine and a method of determining sulphur and phosphorus in organic compounds* (1855). — *On the proportion of organic phosphorus in legumine* (1857).

Absorbé qu'il était par ses cours et par le laboratoire de l'Université de Durham, Johnston, pour ne pas négliger en même temps les fonctions de chimiste de l'Association qu'il avait acceptées, s'était vu obligé de choisir un suppléant capable de mener de front la besogne des analyses, des essais et surtout des conseils réclamés par les agriculteurs. Vœlcker, une fois fixé à Édimbourg (février 1847), se trouva ainsi aux prises avec nombre de problèmes pratiques et d'applications toutes nouvelles pour lui, où son savoir et son discernement étaient les seuls guides dont il pût invoquer l'aide devant les procédés de la routine. La haute perfection de l'agriculture écossaise dès cette époque, était attribuable, il faut l'avouer, bien plus à l'intelligence vive, au don d'observation et aux vues économiques des cultivateurs, qu'à leurs connaissances scientifiques. L'Association de chimie agricole s'était donc tracé un programme ardu en cherchant à leur inculquer la nécessité de suivre les principes de la science pour réaliser des améliorations durables, qu'ils croyaient tenir sans elle. A l'expiration des cinq années, en 1849, les résultats obtenus dans un si court délai par la propagande et les services du chimiste de l'Association, furent si remarquables que la puissante Société d'agriculture des Highlands décida d'incorporer le laboratoire dans une section spéciale de chimie dont elle confia le soin au Dr Anderson, nommé plus tard professeur de chimie à l'Université de Glasgow. La même année, Vœlcker acceptait le poste de professeur de chimie que Thomas Way laissait vacant au collège royal agricole de Cirencester.

On peut dire que ces nominations de l'année 1849 ont exercé sur le développement scientifique des deux premières Sociétés d'agriculture de la Grande-Bretagne une influence considérable. D'une part, Thomas Anderson ne devait pas cesser pendant vingt-cinq années, par ses analyses, ses recherches originales et les expériences en plein champ qu'il organisait, d'éclairer la Société des Highlands dans la voie des améliorations qu'exigeait l'avancement de la science. D'autre part, Vœlcker, chargé quelques années plus tard de remplacer Thomas Way en qualité de chimiste consultant de la Société royale d'agriculture d'Angleterre, devait également pendant plus de vingt-cinq ans s'associer par des travaux similaires aux progrès remarquables accomplis par l'agriculture anglaise.

Comme en Écosse, la chimie intervenant dans la culture du sol, les récoltes, l'élevage du bétail, la pratique générale de la ferme, était appelée en Angleterre à fournir aux praticiens convaincus de leur savoir et de leur habileté, la véritable direction de leurs efforts pour abaisser les prix de revient, en même temps que pour améliorer et accroître la production.

Le stage que Vœlcker fit en Écosse de 1847 à 1849 lui avait imposé un déploiement particulier d'activité. En présence des hommes positifs, et les Écossais passent à juste titre pour savoir calculer, qui s'adressaient journellement à lui, il importait de montrer un esprit sûr et prompt, une compétence supérieure, pour acquérir d'emblée l'ascendant que requiert la science. Il y avait gagné deux qualités essentielles : la netteté dans les solutions qu'il proposait et la confiance dans les résultats. Il y avait gagné plus encore au point de vue des débuts de sa carrière : des amitiés précieuses auxquelles il demeura toujours fidèle.

Parmi les hommes éminents avec lesquels Vœlcker se lia étroitement pendant son séjour à Édimbourg, il nous suffira de rappeler William Gregory, professeur de chimie à l'Université, l'auteur, en collaboration avec le Dr Playfair, élève de Giessen, de la traduction anglaise de la *Chimie appliquée* de Liebig ; la quatrième édition paraissait en 1847 ; J. H. Balfour, professeur de botanique à la même Université, qui s'était fait connaître par ses travaux physiologiques et ses livres de texte pour l'étude des plantes ; le Dr Georges Wilson, agronome distingué et professeur d'agriculture, dans le laboratoire duquel Vœlcker se plaisait à travailler; enfin, le professeur James Johnston, de l'Université de Durham, qui ne lui épargnait guère ses avis quant aux relations à entretenir avec les cultivateurs de la contrée.

Johnston avait résumé, dans un petit livre qui obtint un grand succès de popularité, ayant été maintes fois réédité et traduit dans bien des langues[1], les nouvelles doctrines venues au jour en Allemagne et en France. Son catéchisme agricole, si simplement écrit, dont les prémisses avaient été développées à deux degrés scientifiques

---

1. *Catechism of Agricultural chemistry and geology by James F. W. Johnston.* Edinburg, 1845. C'est à Vœlcker qu'est due la dernière édition de ce catéchisme, publiée après la mort de Johnston.

différents, dans les *Leçons* et les *Éléments de chimie et de géologie*, était dégagé de cet appareil dogmatique et de ces abstractions qui alourdissent les ouvrages allemands. Il donnait à Vœlcker la note nécessaire pour le style des communications à adresser aux agriculteurs. Aussi, semble-t-il que Vœlcker n'ait jamais oublié ses amis d'Écosse qui l'avaient tout d'abord aidé de leurs exemples et de leurs conseils pratiques.

Le collège de Cirencester, où Vœlcker entrait au mois d'août 1849, comme professeur de chimie, était de fondation récente. Le club des fermiers de Fairford et de Cirencester ayant nommé en 1842 un comité chargé de tenir des réunions publiques pour recueillir les souscriptions nécessaires à l'établissement d'un collège d'agriculture, une association ne tarda pas à se constituer qui obtint par charte royale du 27 mars 1845, la sanction de ses statuts et du conseil d'administration à la tête duquel figuraient comme président et vice-président, les nobles lords de Bathurst et de Ducie. La charte royale porte que le collège est fondé pour l'enseignement de la science agricole, des sciences connexes, et de leurs applications à la culture du sol et à l'élève du bétail.

Lord Bathurst avait libéralement cédé à bail pendant 99 années la ferme de Cirencester d'une superficie de 185 hectares en terres arables, et le Conseil décidait de ne garder des anciens bâtiments que la maison du fermier, adaptée au logement du directeur, et l'une des granges, convenablement éclairée, qui fut convertie en laboratoire de chimie. L'édifice du collège, destiné à recevoir cent élèves et comprenant, outre les dortoirs et réfectoires, les salles d'étude, les amphithéâtres, la bibliothèque et le musée, fut commencé en 1845 et achevé en 1846 pour être occupé par les élèves. Entre temps, la ferme avait été pourvue du matériel et de l'outillage les plus perfectionnés et des animaux des meilleures races : chevaux de Clydesdale, de Suffolk et de Cleveland ; moutons des Downs et des Cotswolds ; porcs des comtés de Berks, de York et d'Essex. Les bâtiments d'exploitation remaniés suivant les plans du Conseil, complétaient une installation de premier ordre, sans être luxueuse.

Malgré cette sage installation, malgré les efforts des fonctionnaires, les affaires du collège ne tardèrent pas à péricliter. La ferme

imposait de si lourds sacrifices aux sociétaires qu'au milieu de l'année 1847, ils prirent la résolution, en assemblée générale, de réduire à quatre le nombre des professeurs, y compris le directeur. Cette économie dans les frais généraux, non plus que l'élévation du prix de la pension des élèves, ne parvinrent à rétablir une situation dont le passif dépassait 350,000 fr. Dans ces circonstances, Édouard Holland, élu président, offrit généreusement de se porter garant du déficit à la condition que les statuts seraient amendés, de manière à faire accorder au Conseil les pouvoirs d'emprunter. Cette mesure permit de sauver l'institution menacée et d'assurer son avenir.

Au moment où Vœlcker se fixait à Cirencester, le collège dont les affaires avaient été remises à flot, était dirigé par le Révérend Haygarth, assisté, pour la conduite de la ferme, par John Coleman, un des premiers élèves du collège munis du certificat d'études. Au professeur Woodward, plus tard attaché au musée Britannique, avait succédé Buckman dans la chaire des sciences naturelles; Robinson, pour l'enseignement de l'art vétérinaire, avait été remplacé par le professeur Browne, et l'ingénieur Bravender, pour le génie rural, etc., par le professeur Jarman.

En compagnie de ces quelques collègues, loin des attractions et des ressources qu'offrait un centre scientifique et littéraire aussi éclairé qu'Édimbourg, Vœlcker se livra tout entier à la préparation de ses cours, aux manipulations et aux recherches de laboratoire avec ses élèves. Les honoraires de professeur étaient relativement modiques; il entreprit d'améliorer sa situation par des articles envoyés aux journaux scientifiques, par des conférences faites dans diverses localités sur la demande des associations régionales, et par des analyses commerciales et agricoles exécutées à son propre compte. On fait remonter à ces premiers temps sa collaboration des articles de chimie, à partir de la lettre M, dans l'*Encyclopédie d'agriculture* de Morton. Ses mémoires figurent tour à tour dans le nouveau *Journal philosophique d'Édimbourg,* dans les *Annales d'histoire naturelle,* id., dans le *Journal d'agriculture* et les *Transactions de la Société des Highlands d'Écosse* et finalement dans le *Journal de la Société royale d'agriculture d'Angleterre*, où ses communications demeurent ininterrompues depuis 1852 jusqu'en 1884.

Parmi les sociétés les plus anciennes et les plus importantes de l'ouest de l'Angleterre, celle de Bath choisit Vœlcker, en 1855, comme chimiste-conseil. Dans ses nouvelles fonctions, qu'il conserve jusqu'à sa mort, Vœlcker trouve un surcroît de travail et de rémunération encourageante. Il est tenu de faire des conférences périodiques dans la région, à Exeter, Newton, Barnstaple, Salisbury, etc. ; de contrôler des essais de culture et des analyses pour les membres de la Société, et surtout de rédiger sur des recherches déterminées des mémoires, entre lesquels nous signalerons comme les plus intéressants ceux sur la chimie des aliments (1856) et sur l'emploi de la chaux, de la marne et des sables coquilliers en agriculture (1858) que publia le *Journal de la Société d'agriculture de Bath*.

En 1857, à la retraite de Thomas Way, à jamais illustré par ses découvertes sur le pouvoir absorbant des sols et par ses travaux sur la composition des cendres des plantes, Vœlcker fut nommé chimiste consultant de la Société royale d'agriculture d'Angleterre. Ce choix si honorable pour lui ne l'empêcha pas de conserver pendant six ans encore sa chaire de chimie au collège de Cirencester.

Deux attraits spéciaux le retiennent en effet au collège : la ferme, sur laquelle il poursuit ses expériences culturales, et l'enseignement où il veut jusqu'au bout se perfectionner.

La ferme du collège qui lui servait à déterminer expérimentalement l'efficacité des divers engrais sur les céréales, les racines, les pommes de terre, les plantes des prés, etc. ; les modifications que subit le turneps à ses différentes phases de croissance ; les transformations du fumier de ferme et ses divers modes d'aménagement ; les applications de l'engrais liquide, etc., lui était indispensable.

Le sol très varié de la ferme, consistant en loams pierreux, en argiles et en calcaires de la formation jurassique, dans lequel prédominent l'alumine et la chaux, et où le sable n'excède pas 20 p. 100, était bien approprié à l'étude comparative des rotations culturales. Les terres fortes y étaient soumises à l'assolement triennal, les terres moyennes, de beaucoup les plus étendues, à l'assolement quadriennal, enfin les terres légères, rappelant celles du district des Cotswolds, à l'assolement quinquennal, comprenant trois années de trèfle et une partie en sainfoin. Au point de vue des questions d'alimentation et

de travail des animaux, des engrais et des produits de la ferme, Vœlcker trouvait également réunies à Cirencester des conditions que n'offrait à aucun degré la Société royale pour des recherches dont les résultats profitaient à la communauté agricole.

Tandis que par ses expériences de culture conduites avec l'aide de son collègue et ami, le professeur d'agriculture Coleman, chargé de l'exploitation de la ferme, il affirmait chaque jour davantage sa compétence agronomique vis-à-vis des praticiens, il acquérait, devant son jeune auditoire et dans les leçons publiques, la facilité d'élocution dans une langue étrangère et la clarté, comme l'à-propos, qui distinguent le conférencier, soumis en Angleterre aux interrogations et aux critiques de ses auditeurs. En même temps, il formait son style par une grande recherche de la simplicité, au tour qu'affectionnent les Anglais dans les mémoires techniques qu'ils aiment à lire. Il faut avoir passé par l'enseignement en Angleterre, étant étranger, pour comprendre ce que coûte de peines et de soins l'observation des usages tyranniques de la société et des convenances de langue et de style. En dépit d'un léger accent dont les Allemands ne réussissent guère à se défaire quand ils parlent un autre idiome que le leur, Vœlcker était arrivé en tous points, comme langage, comme tenue et comme esprit, à ressembler à nos voisins d'outre-Manche, et à retirer de cette assimilation les avantages qu'ils savent prodiguer à ceux qui les servent et les honorent.

Membre assidu de l'Association britannique pour l'avancement des sciences et de la Société chimique de Londres, dont il était l'un des vice-présidents en 1884; membre de la Société royale depuis 1870; membre fondateur et vice-président de l'Institut chimique de la Grande-Bretagne et d'Irlande, créé en 1877; membre du Club de l'Athenæum en 1881, etc., Vœlcker payait largement sa dette à la science, dont il était un des plus dignes adeptes, et au pays qui l'avait adopté.

D'ailleurs, membre honoraire de la Société d'agriculture d'Angleterre qui l'avait pour chimiste consultant et pour examinateur au sujet des grades conférés au concours; membre honoraire de la Société d'agriculture du Hanovre et de Vienne, du collège vétérinaire de Londres, etc., il appartenait au Conseil des études du collège de Cirencester,

qui l'avait nommé professeur honoraire en 1882, et au Club central des fermiers de Londres dont il fut élu président pour l'année 1875.

Cette dernière institution, issue des souscriptions particulières des propriétaires fonciers, des éleveurs et cultivateurs influents de l'Angleterre, par ses discussions des questions agricoles à l'ordre du jour du Parlement, par ses affiliations avec les clubs locaux de fermiers, avait acquis un grand ascendant dans le monde agricole. Vœlcker ne se bornait pas à prendre part aux discussions d'ordre scientifique, mais il y traitait des sujets d'actualité qui lui avaient mérité une situation dominante parmi les sociétaires.

Mandé devant les Comités des Chambres et les Commissions royales d'enquête pour l'étude et la préparation des projets de loi concernant les distributions d'eau et de gaz dans la métropole, l'utilisation du sewage, la pollution des rivières, les habitations rurales, etc., il a laissé partout des dépositions marquées au sens pratique, souvent invoquées par les législateurs. De même, en qualité de juré à l'Exposition internationale de Londres en 1862, à l'Exposition des pêcheries en 1883, à l'Exposition d'hygiène en 1884, il avait activement collaboré au travail des récompenses.

Ce n'est pourtant ni aux sociétés savantes et agricoles, ni aux fonctions des enquêtes et des jurys, que Vœlcker consacrait la plus grande partie de son temps et de son travail, mais bien à la besogne quotidienne si assujétissante, des associations dont il était le conseil, et du laboratoire particulier qu'il avait établi à l'usage des industriels et des commerçants, à Salisbury square, après avoir fixé son domicile à Londres, en 1863.

Pendant plus de vingt ans, secondé par des préparateurs et des élèves habiles, et plus tard par ses propres fils, Jean-Auguste et William, il dut répondre sans trêve ni repos aux demandes des membres de la Société royale d'agriculture d'Angleterre, de la Société agricole de Bath, des sociétés provinciales d'agriculture, y compris l'Association des fermiers du comté de Lincoln, dont il était le conseil, et du public formant la clientèle croissante de son laboratoire privé.

Pour la Société royale seulement, comprenant en 1865, 6,013 associés et en 1885, 9,024, le nombre annuel des analyses d'échan-

tillons d'engrais, de nourritures, de terres, d'eaux et de produits divers, avait progressé de 312 à 1,628. Vœlcker avait ainsi, dans cette période de vingt années, contrôlé et signé de son nom, quand il ne les avait pas accompagnées d'un rapport succinct, 16,000 analyses représentant une moyenne de 800 analyses par an.

Pour faciliter encore plus aux membres de la Société les avantages résultant des essais d'engrais et de produits, le Conseil décidait en 1879 de réduire le prix des analyses de moitié, et de bâtir pour le chimiste un laboratoire dans l'immeuble même occupé par la Société à Londres, en prenant à la charge sociale le matériel, les réactifs et les gages du personnel attaché au laboratoire. C'est à cette nouvelle installation que Vœlcker faisait allusion dans une des dernières lettres qu'il nous adressait, et dont nous reproduisons ici, à titre de souvenir, la traduction :

Londres, 21 avril 1879.

Mon cher Ronna, vous m'avez demandé il y a quelque temps de vous envoyer un aperçu biographique comprenant mes travaux professionnels. J'ai négligé de le faire au milieu des tracas que me causent l'organisation et la mise en marche du nouveau laboratoire dont la Société royale d'agriculture vient de me gratifier. Je ne saurais mieux répondre aujourd'hui à votre désir qu'en vous adressant la courte notice publiée par le *Gardeners chronicle*[1], qui donne de mon passé et de mon individu une assez juste idée; ainsi qu'une photographie ayant servi au graveur pour le portrait dont la notice est ornée.

La Société m'a bâti chez elle, 12, Hanover-square, un beau laboratoire où il y aura fort à faire pour contenter les membres de l'Association. Je n'en conserve pas moins mon laboratoire particulier, Salisbury-square Fleet-Street, et vous comprendrez aisément que, surchargé de besogne des deux côtés, j'ai peu d'heures de loisir pour me reposer. Mais je considère qu'il vaut mieux s'user sous le harnais, plutôt que de se retirer dans une regrettable oisiveté.

Viendrez-vous cette année visiter le concours de la Société en juillet? Inutile de dire combien j'aurai de plaisir à vous voir. Croyez-moi, etc.

Augustus Vœlcker.

Certes, les fonctions de chimiste consultant de la Société, telles que Vœlcker les avait comprises et exercées, n'étaient pas une siné-

1. *The Gardeners' chronicle and Agricultural Gazette;* 6 *May* 1871.

cure. Sans parler des analyses, le chimiste avait à rapporter au Comité spécial, depuis 1870, tous les cas de produits reconnus par lui comme étant de qualité inférieure, eu égard au prix payé, ou falsifiés, en désignant le nom des vendeurs. Le Conseil avait en effet résolu à cette époque, pour mettre fin aux supercheries et aux fraudes, de publier le nom des personnes qui livreraient aux sociétaires des engrais ou des denrées alimentaires de qualité reprochable ou d'une nature frauduleuse. Le chimiste avait en outre à diriger, sinon à surveiller, les expériences de culture et les recherches chimiques en cours, et à écrire les mémoires que le Conseil jugeait utile de publier dans le journal de la Société, ou ailleurs, sur des sujets déterminés.

Grâce à l'insertion dans le journal des rapports trimestriels de Vœlcker sur les fraudes, le Conseil appuyé sur le savoir universellement apprécié et la parfaite intégrité de son chimiste, avait pu atteindre, sans craindre de mettre sa responsabilité en jeu, le but qu'il s'était proposé, d'enrayer les abus en matière de ventes de nourritures et d'engrais, et d'éclairer les cultivateurs en modérant leurs sacrifices. Des circulaires répandues à profusion ont appelé à bien des reprises l'attention des membres de la Société sur les précautions à prendre et les garanties à exiger des vendeurs.

Par une allocation annuelle et spéciale, le Conseil défrayait le chimiste des frais qu'entraînent les recherches dans les champs d'essai et le laboratoire. Depuis 1875, la Société ayant institué une station expérimentale à Woburn dans le Bedfordshire, sur les terres libéralement fournies par le duc de Bedford, c'est à Vœlcker, assisté de Sir J. Bennett Lawes, qu'incomba la conduite des expériences de culture pratique et d'engraissement du bétail. Ces expériences, en ouvrant un champ des plus vastes pour trancher les questions qui divisent les praticiens et les savants, ont rendu plus lourde encore la tâche du chimiste et exigé de sa part un surcroît d'activité, alors qu'il avançait en âge. Personne, jusqu'à lui, ne s'était astreint à d'aussi pénibles et incessantes recherches pour opérer le rapprochement de la science et de la pratique agricoles.

Aussi, peut-on dire, en rappelant les termes mêmes dont Vœlcker se servait dans la lettre précitée, que pour l'accomplissement de sa

mission toujours grandissante, « il s'est usé sous le harnais ». Sa mort survenue le 5 décembre 1884, à l'âge de 61 ans, a été le résultat d'un excès de travail et d'occupations multiples. Déjà, vers la fin de décembre 1883, une légère attaque de paralysie avait signalé la nécessité du repos absolu, et le Conseil de la Société, mû par une bienveillance digne du savant qu'il estimait à une si haute valeur, lui avait accordé un congé illimité. Mais à peine eut-il repris quelques forces, Vœlcker voulut reprendre aussi le travail. Au mois d'août suivant, une affection du cœur, compliquée d'autres symptômes aggravants, suites de la paralysie, le condamnait à l'inaction et finissait par le ravir aux joies de sa famille et des amis dévoués qui ne l'ont point remplacé. Ce jour-là, la Société royale d'agriculture d'Angleterre faisait une grande perte et la science agricole en deuil, voyait partir un de ses adeptes les plus consciencieux et éminents, dont les services ont été inappréciables pour son pays adoptif.

II.

C'est en 1854, pendant mon séjour à Cheltenham, que sur la présentation d'un collègue et ami commun, le Dr Thomas Wright, géologue et surtout paléontologue estimé, je nouais connaissance avec Vœlcker.

Cheltenham, dont la population atteint 50,000 âmes, est une ville d'eau très élégante, le lieu de retraite favori des officiers de l'armée des Indes, en même temps qu'un centre très important d'éducation. On y compte en effet trois collèges principaux : le collège proprement dit, de fondation récente, où plus de 700 jeunes gens reçoivent l'enseignement à l'un des degrés exigés par les carrières publiques, civile, militaire et classique ; l'École normale (*Training College*) qui forme chaque année de 80 à 100 instituteurs pour les écoles relevant de l'Église anglicane ; et la *Free Grammar School*, établie depuis 1574 par un legs de Richard Pates de Gloucester, où un millier d'élèves reçoivent une instruction commerciale et concourent pour des admissions annuelles au Pembroke College d'Oxford.

Chargé des cours de physique et de chimie à la *Grammar School*,

sur la recommandation du Dr Lyon Playfair, qui dirigeait alors le département scientifique nouvellement créé au *Board of trade*, je fus aimablement invité à plusieurs reprises par Vœlcker, à lui rendre visite à Cirencester, que le chemin de fer relie avec Cheltenham. J'y fus chaque fois accueilli avec une affabilité que je n'oublie pas, malgré plus de trente années révolues; mais, à mon grand regret, je ne pus mettre à profit l'offre qu'il me fit alors de poursuivre dans son laboratoire certaines recherches dont je l'avais entretenu[1].

Sa situation comme professeur au collège agricole ayant acquis de la stabilité et s'améliorant chaque jour, il s'était décidé en 1852, à épouser une demoiselle de Francfort-sur-le-Mein, deux ans avant que je vinsse à Cirencester. Il eut de son mariage six enfants dont cinq garçons et une fille ; mais une grande douleur devait le frapper en 1876 ; il perdit son fils aîné, George, âgé de 23 ans, étudiant en médecine des plus distingués, qui succombait à la diphtérie dans l'exercice de ses fonctions d'hôpital.

La chaire que je remplissais à la *Grammar School* fut bientôt supprimée et je dus me préoccuper d'en trouver une autre; à cet effet, Vœlcker me prêta un aide des plus obligeants. Les professeurs de science, en Angleterre, comme ceux des autres branches de l'enseignement, ne sont pas désignés au concours, mais bien sur présentation de titres (*testimonials*), appuyés de recommandations de personnages haut placés. Les titres ne me manquaient pas et Vœlcker ajouta sa chaleureuse recommandation à celles que je possédais. Toutefois, le candidat est tenu partout de remplir une condition essentielle : il doit appartenir à la religion ou à la secte religieuse sous le vocable de laquelle a été instituée l'école ou l'université dans laquelle il cherche à professer. Cette condition me fit écarter tour à tour de la chaire de chimie aux *Collegiate Schools* de Liverpool, à l'Institut de Manchester, à l'Université d'Aberdeen. Je n'étais ni anglican, ni luthérien, ni presbytérien ! Guidé par Vœlcker dans mes refus pour d'autres offres de place de chimiste, auprès de l'Association agricole de Tamworth, soutenue par les fonds de sir Robert Peel, auprès du

1. Ces recherches avaient trait à l'emploi agricole de la chaux dans la fabrication des engrais, et à l'épuration des eaux d'égout qui souillaient la Chelt.

collège agricole de la Terre de Van Diemen, etc., je rentrai de guerre lasse en France.

Je ne mentionne ici cette influence de l'idée religieuse qui prime toutes les autres en Angleterre, voire même celle de l'enseignement de la chimie, que pour montrer comment elle a pu tourner à l'avantage de la carrière de Vœlcker. Aussi, son ami et biographe, le Dr Gilbert, ne manque-t-il pas de nous apprendre que Vœlcker, dès son arrivée en Écosse, s'était mêlé activement à divers mouvements religieux ; qu'il montrait un piétisme convaincu et que notamment, dans les conditions stipulées pour ses fonctions de chimiste consultant de la Société royale d'agriculture d'Angleterre, il avait fait réserver son entière liberté les jours de réunion du comité de l'Association de la défense et de la propagande de la Bible, aux travaux duquel il coopérait assidûment.

Quoi qu'il en soit, aussi bien pendant mes visites, quand je résidais à Cheltenham, qu'à l'occasion de mes nombreux voyages en Angleterre, je n'ai jamais pu discerner en Vœlcker, ni un zélé sectaire, ni un prosélyte intolérant. Dévoué avant tout à la science, à laquelle il avait consacré sa vie, doué d'un esprit essentiellement observateur et d'un abord aussi modeste que bienveillant, Vœlcker attirait à lui par l'aménité des formes et la sociabilité de son caractère.

Il avait beaucoup lu et beaucoup médité, malgré la besogne incessante que lui imposaient ses fonctions, mais comme il voyageait souvent pour ses conférences, ses expériences, ses tournées de fermes, etc., il avait recueilli en outre, une foule de données précieuses qui échappent d'ordinaire au savant enfermé dans son laboratoire.

Tenu très au courant des travaux de chimie par les publications de l'Allemagne, de la France, etc., par ses excursions sur le continent, tout en accordant à nos savants indiscutés, Boussingault, Payen, Claude Bernard, Pasteur, etc., le respect et les éloges que méritent des recherches hors ligne, il ne se faisait point faute de témoigner son peu de confiance dans les expériences légèrement faites et dans les théories échafaudées présomptueusement, auxquelles on réserve en France un succès pour ainsi dire officiel. Déjà en 1862, quand je fus chargé d'une mission spéciale d'études

sur la fabrication et l'emploi des superphosphates en Angleterre[1], pour l'accomplissement de laquelle Vœlcker me fit donner accès aux principales usines et plaça les documents de son laboratoire à ma disposition, il s'ouvrit à moi sur la nécessité impérieuse de mettre fin en France aux expériences agricoles mal conçues, mal conduites et par cela même nuisibles au progrès général, en instituant des stations agronomiques, à l'instar de celles qui fonctionnaient en Allemagne, et dont MM. Lawes et Gilbert, à Rothamsted, et M. Boussingault, à Bechelbronn, avaient donné de remarquables exemples. C'est à cette pensée que notre ami, M. Grandeau, s'attachait quelques années plus tard, avec un grand dévouement et un zèle des plus dignes, par la création à ses propres frais de la première station agronomique française de Nancy[2].

Lorsque la Société royale d'agriculture d'Angleterre adressa au Congrès agricole international, tenu à Paris en 1874, la série de traités remarquables sur l'agriculture anglaise qui forment un volume de son journal, Vœlcker, dans le traité consacré à l'influence des découvertes chimiques, fait ressortir combien le progrès de l'agriculture est redevable aux expériences bien conçues et soigneusement exécutées. « Dans aucun champ de recherches, ajoute-t-il, il ne « reste autant encore à accomplir, que dans la sphère difficile et « obscure des essais agricoles. » Puis, s'étendant sur les laborieuses investigations et les expériences culturales poursuivies depuis quarante années par MM. Lawes et Gilbert, il affirme « qu'il n'y en a « guère une seule qui n'ait eu une action plus ou moins directe sur « les progrès agricoles de l'Angleterre. Pour l'instruction des agri« culteurs français à qui ces précieuses contributions peuvent être « inconnues, l'ouvrage que M. Ronna a publié en un fort volume[3], « présente un admirable compte rendu des recherches de chimie « agricole, faites à Rothamsted[4]. »

---

1. A. Ronna, *Fabrication et emploi des phosphates de chaux en Angleterre.* Paris, in-18, 1864.

2. L. Grandeau, *Stations agronomiques et laboratoires agricoles.* Paris, in-18, 1869.

3. A. Ronna, *Rothamsted ou trente années d'expériences agricoles de MM. Lawes et Gilbert,* Paris, grand in-8°, 1877.

4. *Journ. Roy. Agric. Soc. of England, second series,* 1878 ; *volume the fourteenth, part II,* n° XXVIII, page 808.

Il suffit de relire après coup les mémoires que Vœlcker nous a laissés pour se convaincre de la conscience rare qu'il mettait dans ses propres recherches expérimentales, de ses scrupules légitimes dans l'interprétation des résultats, et aussi, de toute sa netteté dans les conclusions basées sur les faits acquis.

Infatigable à combattre dans ses écrits et dans ses leçons les erreurs funestes de la routine, il enseignait sans apprêt, peut-être même sans grande originalité, mais il veillait avec sollicitude à ce qu'aucun point à démontrer ne demeurât obscur.

Quelle que soit la trace laissée par l'œuvre savante de Vœlcker dans l'ensemble des progrès que l'agriculture a réalisés, nous ne saurions omettre de signaler son caractère pratique comme étant celui que nous voudrions voir adopter désormais par l'élite de nos jeunes gens appliqués à l'étude des problèmes agricoles.

Pour nous, Vœlcker, sans avoir l'envergure ni la portée des Dumas, des Liebig, des Claude Bernard, etc., qui ont rénové par leurs admirables doctrines la science agronomique et physiologique, représente plus modestement, mais non moins utilement, le type des chimistes agricoles, appelés à introduire la méthode expérimentale dans la ferme, qu'il s'agisse de plantes ou d'animaux; de culture, d'élevage ou d'engraissement.

Grâce à son laboratoire agricole, Vœlcker a non seulement exécuté des analyses sans nombre d'engrais, de sols, d'eaux, de fourrages et d'aliments divers, mais il n'a pas discontinué de donner ses avis aux cultivateurs, suivant les circonstances où ils étaient placés, sur le choix des récoltes et des engrais, en leur traçant les améliorations réalisables dans leur exploitation. Par son laboratoire industriel, il a su guider les fabricants, notamment ceux d'engrais, désireux de satisfaire leur clientèle en livrant des produits loyalement préparés, de même que les négociants prêts à importer des matières dont le débit, d'après l'analyse, pouvait être assuré. Enfin, par ses cultures expérimentales conduites à Cirencester et à Woburn, ou ailleurs, sous son propre contrôle, il a contribué à un très haut degré à vulgariser autour de lui l'art d'expérimenter, c'est-à-dire de déterminer exactement les conditions qu'il faut observer pour tirer des résultats obtenus une interprétation vraie et d'utiles renseignements.

Ajouterai-je que par ses préparateurs et ses élèves, son enseignement répandu sur tant de points de l'Angleterre et de ses colonies, a fourni nombre de sujets aptes aussi bien à professer qu'à diriger des exploitations d'après les principes scientifiques.

S'il y a un écueil pour le savant appelé à donner contre rétribution des conseils et des jugements, à contrôler des essais ou des produits, écueil redoutable, devant lequel beaucoup ont sombré, c'est celui que le désintéressement peut seul permettre de franchir. L'expert, pas plus que le conseiller, ne saurait être suspect, ni soupçonné. A cet égard, la nature droite et loyale, la conscience irréprochable de Vœlcker, font de lui un type accompli et sympathique, dont le souvenir ne s'effacera pas de longtemps auprès de ceux qui l'ont approché et fréquenté.

III.

L'œuvre agronomique de Vœlker, à laquelle se rattachent par tant de points essentiels les progrès récents de l'agriculture, est disséminée dans une foule de mémoires, de leçons et de communications dont le *Journal de la Société Royale d'agriculture d'Angleterre* a publié la plupart à partir de 1852. Le résumé d'une œuvre aussi étendue, aussi complexe, n'est possible, au point de vue synthétique, qu'en adoptant un cadre dans lequel puissent se placer tour à tour les travaux conçus et dirigés vers le même but et les résultats obtenus dans l'étude des problèmes de même nature, qu'ils se réfèrent au sol, à la plante, à l'engrais ou à l'animal.

S'il n'est pas donné à chaque savant de découvrir des principes et de poser de nouvelles doctrines; du moins, est-ce une grande et noble tâche, quoique plus humble, de concilier les principes établis avec la pratique en déterminant, d'une part, les conditions exactes dans lesquelles leur vérification doit se faire et, d'autre part, en apprenant à tirer des conclusions basées sur des faits vérifiés, pour les transformer, s'il y a lieu, en lois.

L'œuvre de Vœlcker est toute là ; il semble que Liebig en ait tracé de main de maître le programme quand il écrit :

« Par la science, l'agriculteur parvient à la connaissance exacte des conditions et de la marche de la vie chez le végétal et l'animal ; par elle, il est renseigné sur les fautes qu'il a commises ; enfin, elle lui prouve fréquemment qu'il a prodigué la force et le capital, quand il n'est pas demeuré d'autres fois en dessous des efforts nécessaires pour atteindre son but.

« Aux points de repère incertains et parfois peu visibles de la pratique, la science substitue l'indication exacte de la voie la plus sûre et la plus courte pour parvenir au but ; elle lui fournit les moyens d'écarter et de surmonter les obstacles qui l'arrêtent dans sa route.

« La science approuve ou infirme les conclusions du praticien. »

C'est d'accord avec ce programme que Vœlcker aborde les problèmes agricoles encore obscurs, par ses études des sols, des plantes, des amendements et engrais, par ses expériences de culture et d'alimentation ; par les recherches sur les industries et les produits de la ferme et d'autres sujets divers ; autant de livres distincts entre lesquels nous avons divisé ses travaux de chimie agricole.

1. L'étude des sols qui aide à déterminer les caractères de fertilité ou de stérilité des terres soumises à la culture, est de celles auxquelles Vœlcker a le plus largement contribué par ses recherches personnelles sur le pouvoir absorbant. Le savant Way, son prédécesseur à la Société royale, avait démontré le pouvoir d'absorption et de rétention de l'ammoniaque par les sols de différentes natures. Vœlcker reprend et étend les recherches de Way, non seulement à l'ammoniaque sous ses divers états, mais encore à l'acide phosphorique et aux phosphates solubles, à la potasse et aux sels de potasse, à la soude et aux sels de soude, et finalement à une série de liquides fertilisants tels que les purins de fumier et les divers engrais liquides de la ferme. Par cet ensemble d'expériences, le rôle du sol et de l'engrais par rapport à la plante est plus nettement défini. On sait désormais que tous les sols retiennent l'ammoniaque et qu'on peut en recouvrer une partie après absorption ; une autre partie s'oxydant à l'état de de nitrates. On apprend ce fait de haute importance que les éléments les plus solubles dans un engrais sont rendus moins solubles au contact du sol, sans être pour cela complètement insolubles. Enfin, il ressort de cette propriété dont jouissent les terres, d'absorber et

de modifier les matières fertilisantes, une relation intime avec leurs capacités de production agricole.

2. Dans son examen de la plupart des plantes cultivées, Vœlcker, grâce à la détermination de leur composition immédiate et de la constitution de leurs cendres, est conduit à chercher leur faculté d'épuisement eu égard au sol, et leur valeur nutritive pour les animaux. Ses analyses portent principalement sur les pailles des céréales et des légumineuses, sur la betterave fourragère, les mangolds et les autres racines, y compris les rutabagas auxquels est due en grande partie la prospérité de certaines régions agricoles, sur le foin de trèfle et de prairie, sur les fourrages verts ensilés, sur la betterave et la pulpe des sucreries, etc. Les phénomènes qui ont lieu dans la conservation en terre, des racines, du foin, etc., sont également étudiés et élucidés.

On ne saurait nier le grand intérêt de pareils travaux physiologiques sous le rapport de certaines récoltes prédominantes et de l'élevage des animaux, et des rapprochements à établir entre la constitution chimique du sol, de la plante et l'économie animale, quand il s'agit du rendement maximum que doit viser le praticien.

3. Les engrais, comprenant les substances telles que l'argile, la chaux, etc., qui servent à amender les terres, forment le sujet auquel Vœlcker a prodigué le plus de temps et de minutieuses recherches dans son laboratoire. Aucune des matières fertilisantes, on peut dire, que l'agriculteur emploie pour accroître la production du sol ; aucune de celles récemment introduites par le commerce dans le même but, n'ont échappé au savant analyste. Sans les énumérer toutes, rappelons que ses travaux sur l'utilisation de la chaux et de l'argile brûlée, sur l'écobuage, sur le fumier de ferme et sa décomposition, sur l'engrais liquide et les eaux d'égout, sur les guanos sans nombre, les phosphates de toutes provenances et les superphosphates, ont fixé nettement leur composition et leur rôle, en mêmet emps que leur meilleur mode d'aménagement ou de préparation et d'emploi sur le sol.

Le sol élaborant les matières fertilisantes qu'il reçoit et les transformant en nouvelles combinaisons à l'état qui convient le mieux à la nourriture de la plante, on comprend la portée du dosage exact des éléments qu'elles renferment.

Ainsi, la chaux dans les terres sablonneuses et pauvres, agit non seulement d'une manière directe par l'apport de l'élément de nutrition qui leur manque, mais elle y conserve d'autres éléments précieux, tels que les sels d'ammoniaque et de potasse qui, autrement, filtreraient en pure perte ; de même qu'elle influe sur la transformation des phosphates solubles.

Aucun des éléments constitutifs du sol n'affecte autant sa puissance de production que l'azote à l'état assimilable, mais aucun n'est si rapidement absorbé par les récoltes et ne disparaît aussi complètement du sol. Il en résulte que, sous la forme de fumier, par exemple, les substances azotées éprouvent une décomposition plus ou moins lente qui les convertit d'abord en composés ammoniacaux que le sol tient pendant un temps limité à la disposition de la plante, avant qu'ils se résolvent en nitrates ; tandis que le nitrate de soude qui n'est pas absorbé passe facilement et rapidement en dissolution dans le sous-sol. La meilleure utilisation des sels ammoniacaux et des nitrates employés en couverture pour les céréales, dépend de ces faits d'observation scientifique.

4. Les expériences culturales que Vœlcker a d'abord instituées sur la ferme de Cirencester, avec le concours de son ami le professeur Coleman, ou bien contrôlées dans d'autres localités par l'entremise de fermiers intelligents, ont porté sur les engrais les mieux appropriés aux racines, mangolds, navets et rutabagas, aux pommes de terre, au trèfle, et comme couverture, aux céréales. Conduites dans des terres de composition variée, dans des circonstances diverses que caractérisaient des années sèches, pluvieuses ou moyennes, ces expériences ne devaient avoir de valeur à ses yeux qu'autant que chacun des sols et des engrais étant analytiquement dosé, et les organes des plantes, définis sous le rapport de leurs principes immédiats, les récoltes atteignissent leur pleine maturité et la qualité qu'exige leur écoulement sur le marché.

Il est difficile de discerner dans cet ensemble d'investigations qui ont eu trait à l'action sur les récoltes des engrais azotés, phosphatés, calcaires, alcalins, rapportées à celle du fumier, s'il convient d'admirer le soin minutieux qui préside à toutes les constatations, ou plutôt la réserve extrême avec laquelle Vœlcker formule ses conclu-

sions, ou modifie celles qu'il croyait acquises. Aussi, ne craint-il pas de sacrifier les essais qui ont péché pour des circonstances imprévues ou fortuites, ayant fourni des résultats exceptionnels ou erronés, de nature à causer plus de mal que de bien, et en cela il donne un exemple qui eût mérité d'être plus souvent suivi.

A Woburn, les expériences inaugurées en 1877, pour compte de la Société royale d'agriculture, d'après un plan rationnel combiné avec M. Lawes, ont été dirigées par Vœlcker jusqu'en 1884. Les conclusions à en attendre, si importantes qu'elles soient, n'ont pu encore être établies d'une manière définitive. Il s'agit en effet d'y comparer suivant l'assolement quadriennal, l'action du fumier provenant des animaux consommant des aliments choisis, avec celle résultant de l'emploi d'engrais autres que le fumier, mais estimés contenir les mêmes éléments fertilisants, à la même dose. Il s'agit, en outre, de comparer les faits de ces expériences avec ceux constatés après tant d'années à Rothamsted, à l'aide des mêmes engrais appliqués à un sol tout différent. Une pareille investigation, pour être menée à bonne fin, exige un nombre d'années que Vœlcker n'a pu malheureusement voir arriver à terme. La question des évaluations spécifiées par la loi anglaise sur les fermages, au profit du fermier sortant, y trouvera une précieuse vérification.

5. Les analyses exécutées par Vœlcker sur les plantes, les pailles, les graines, les fourrages, etc., au point de vue de leur valeur nutritive, ont été étendues aux aliments pour le bétail dont le marché anglais est approvisionné. C'est seulement par une connaissance intime des fonctions dans l'économie animale des divers éléments de nutrition que l'on peut employer économiquement les nourritures et les rations dont la composition est connue. A cet égard, les services rendus aux éleveurs et aux engraisseurs par les travaux de Vœlcker sur la constitution microscopique et chimique des nombreux tourteaux et farines du commerce, etc., sur les cas de fraude ou d'ignorance dans leur préparation, ont été incalculables.

Quant aux expériences proprement dites d'alimentation, Vœlcker ne les a réellement entreprises avec suite qu'à Woburn, d'après un système rationnel, dans le but de déterminer, comme MM. Lawes et

Gilbert l'ont fait si complètement à Rothamsted, la somme de nourriture consommée, en relation avec le poids vivant, ou avec une augmentation déterminée du poids vivant de l'animal ; le rapport entre les éléments nutritifs utilisés pour l'accroissement et ceux de la nourriture ingérée ; enfin, par différence, la proportion des éléments de nourriture expirés, transpirés et évacués dans le fumier.

6. Parmi les produits industriels de la ferme, Vœlcker a spécialement dirigé ses recherches vers la composition, la conservation et la préparation du lait, de la crème et le fromage. Dès 1861, il publiait les résultats d'analyses de 70 produits de laiterie et de fromagerie, et discutait scientifiquement la fabrication à ses diverses périodes, en signalant les erreurs de la routine. En 1862, il reprenait une série d'essais sur le même sujet, et l'année suivante, dans un travail spécial, il examinait la composition du lait, l'influence des nourritures et des procédés de conservation sur sa qualité, en même temps que les falsifications dont il est l'objet.

La fabrication du fromage de Cheddar, d'après une méthode en accord avec les principes scientifiques déterminés par Vœlcker, peut désormais s'opérer en grand, grâce à la séparation méthodique de la caséine, à l'observation régulière des températures ; elle donne des produits de qualité et de rendement supérieurs à ceux des laiteries domestiques où l'empirisme est le seul guide.

Membre de la grande Association des laiteries britanniques, Vœlcker, dès sa création, ne se borne pas à publier dans le journal les résultats de ses recherches, mais il préside personnelllement aux épreuves dans les concours annuels qu'elle institue pour propager les méthodes et les ustensiles perfectionnés.

La betterave occupa Vœlcker tout particulièrement lors des essais qui furent tentés en Angleterre pour implanter la fabrication de l'alcool et du sucre. Ses travaux remarquables démontrent la bonne qualité saccharifère des racines cultivées en Angleterre, en Écosse, en Irlande ; mais un fait détourne et détournera longtemps encore la betterave de ses applications industrielles, à savoir, que le fermier anglais retire d'une tonne de betterave pour la nourriture de son bétail, une valeur supérieure à celle que lui offre le distillateur ou le fabricant de sucre.

7. Enfin, comme recherches diverses ayant trait notamment aux désinfectants, aux eaux potables et d'irrigation, il importe de mentionner celles concernant les eaux de drainage. En déterminant la composition de 70 échantillons d'eaux écoulées par les drains des parcelles du champ d'expériences de Rothamsted, Vœlcker a mis en évidence des faits frappants quant au pouvoir du sol de modifier la composition des engrais et de préparer la nourriture de la plante. Les résultats de cette laborieuse recherche, acquis désormais à la science, enseignent quel profit maximum il est permis de tirer du fumier ou des fertilisants rationnellement appliqués aux terres en culture.

On a dit quelque part[1] : « La science n'est pas une croyance, mais une expérience » ; l'œuvre de Vœlcker, que nous venons d'esquisser à grands traits, le démontre surabondamment. L'amélioration des terres et du bétail, au delà de la limite de perfectibilité empirique que l'agriculteur acquiert, n'est possible désormais que par l'expérience scientifique, telle que Vœlcker l'a conçue et réalisée.

1. Cambacérès, *Mémoires de l'Institut des sciences morales et politiques*, t. III, p. 12.

A. Ronna.

BIBLIOGRAPHIE ÉTRANGÈRE

Die Landwirtschaftlichen Versuchs-Stationen. — Les Stations expérimentales agricoles, par le Dr F. Nobbe.

TOME XXX. (1884).

Atmosphère. — Eau.

Dr O. Kellner. Composition des eaux employées pour l'irrigation des rizières p. 34.

Dr F. Séstini et Angiolo Funaro. Somme des moyennes de température qui se rattachent à la culture du maïs, p. 97.

Physiologie végétale. — Composition des végétaux.

Dr O. Kellner et J. Savano. Recherches de chimie agricole sur la culture du riz, p. 18.

Dr A. Emmerling. Contribution à l'étude des phénomènes chimiques dans la plante (2e *mémoire*), p. 109-144.

L'auteur étudie l'action de l'acide oxalique sur le nitrate de chaux. Il se forme de l'oxalate de chaux qui reste dans la plante. (Voir le 1er mémoire, dans le même recueil, t. XVII, p. 161.)

Dr C. Kreuzhage et Dr E. Wolff. Importance de la silice pour le développement de l'avoine, d'après des cultures faites sur l'eau, p. 161.

Dr A. Mayer. Dégagement d'oxygène par les feuilles des crassulacées, p. 217.

— Sur les premiers produits de réduction dans les feuilles de crassulacées, p. 218.

— Possibilité de la réduction dans les feuilles mortes, p. 224.

— Dégagement d'oxygène produit par les acides des plantes, p. 225.

Dr F. Nobbe. Essais de semences de vignes américaines, p. 229-244.

Dr W. Knop. Sur les proportions de matières alimentaires qu'il convient de donner à la canne à sucre, p. 277-287.

— Préparation d'une solution de culture concentrée pour les plantes, p. 292.

Dr F. Nobbe, Dr P. Baessler et Dr H. Will. Recherches de l'action toxique de l'arsenic, du plomb et du zinc sur les plantes, p. 381-423.

Les modifications extérieures qui accompagnent l'empoisonnement de la plante par l'arsenic, attirent tout d'abord l'attention des auteurs; ils étudient ensuite en détail la transpiration de la plante, les quantités d'arsenic qu'elle peut absorber et la limite d'empoisonnement par ce métal. Ils étendent aussi leurs recherches à l'action du zinc et du plomb.

Dr H. Weiske. Essais de végétation des lupins dans des solutions nutritives, p. 437.

Dr O. Kellner. Analyse de quelques produits agricoles employés comme aliment au Japon, p. 42-51.

Dr Aug. Morgen. Perte d'azote dans la décomposition des matières organiques, p. 199 et p. 429.

Les recherches de l'auteur montrent que la matière organique en voie de décomposition subit une perte d'azote, et que, dans la plupart des cas, l'addition de plâtre diminue cette perte. La terre mélangée à ces matières en augmente la porosité et facilite par cela même les pertes d'azote qui sont quelquefois quadruplées. La quantité d'ammoniaque qui se produit pendant la décomposition est liée à la quantité d'azote qui se dégage. On n'a jusqu'à présent pas pu saisir de proportionnalité entre ces dégagements. L'addition de kaïnite mélangée à raison de 10 p. 100 avec de la corne en poudre a permis d'arrêter les déperditions d'azote. On a remarqué que dans tous les cas où la perte d'azote avait été très forte, la masse présentait une réaction alcaline ou neutre. Au contraire, quand cette perte était faible, la masse possédait une réaction légèrement acide.

Dr G. Baumert. Étude de la partie liquide des alcaloïdes du *Lupinus luteus*, p. 295.

Dr E. Flechsig. Sur la proportion de matières alimentaires que renferment les différents lupins et leurs variétés, p. 445.

— Sur la perte de cellulose brute par l'ensilage, p. 455.

Sol. — Engrais. — Essais de fumure.

Dr O. Kellner. Analyse de quelques sols japonais, p. 1.

— Recherches sur la nitrification dans les terrains marécageux, p. 32.

Dr A. Petermann. Remarques au sujet de la note de M. Sestini : « Sur l'application de la dialyse à l'analyse des sols », p. 227.

Dr O. Kellner. Emploi comme engrais d'excréments désinfectés au moyen de l'acide phénique, p. 52-58.

L'épidémie cholérique qui sévit, au Japon, pendant l'année 1882, obligea les grandes villes à désinfecter les excréments par le sulfate de fer et l'acide phénique.

J. Nessler a montré, en 1877, que des graines arrosées avec une solution renfermant 0,25 p. 100 de sulfate de fer et 0,1 p. 100 d'acide phénique, perdent leur pouvoir germinatif. Ces expériences, reprises à Tokio, ont donné les mêmes résultats, des essais de culture établis suivant les usages du pays ont permis de fixer la proportion d'acide phénique que l'on peut incorporer aux engrais, sans nuire à la végétation. Cette proportion est de 0,25 p. 100 quand on applique l'engrais phéniqué dès le début de la culture. On peut atteindre un taux de 3 p. 100 d'acide phénique, quand on place l'engrais dans des sillons, à côté des cultures dont la végétation est commencée.

Dr W. Knop. Sur la rétrogradation des superphosphates, p. 287.

Aliments et fourrages. — Expériences d'alimentation.

Dr M. Siewert. Influence des tourteaux de coton non décortiqué sur la production du lait, p. 145.

Dr O. Kellner. Recherches sur le développement et l'alimentation des vers à soie (*Bombyx Mori*), p. 59-86.

Technologie agricole.

N. J. Fjord. Essais d'appareils centrifuges, p. 331-370.
C. Borch. Description des dynamomètres employés pour ces essais, p. 371-380.
Dr L. Ulbricht. Sur la détermination de l'extrait sec des moûts et des vins, p. 425-427.

Analyse chimique.

Dr U. Kreusler et Dr H. Landolt. Essai de la méthode du Dr Grouven pour le dosage de l'azote, p. 243-276.

Les essais ont été faits simultanément par M. Kreusler, à Poppelsdorf, et par M. H. Landolt, à Berlin. Ils ont trouvé que la méthode de M. Grouven ne donne pas aisément des résultats exacts et qu'elle n'est pas d'un emploi général.

E. Schulze. Contribution à l'étude des méthodes de dosage des amides dans les extraits de plantes, p. 459-467.

TOME XXXI (1885).

Physiologie végétale. — Composition des végétaux.

Dr A. Emmerling. Sur la formation de l'albumine dans les plantes vertes, p. 182.
A. Baumann. Action des sels de zinc sur les plantes, p. 1-53.
Rimpau. Emploi du croisement pour obtenir de nouvelles variétés de plantes agricoles, p. 171.
Dr R. Hornberger. Sur l'augmentation des matières sèches que subit un plant de *Sinapis Alba*, pendant une période de 7 jours, p. 415 (avec figures).
Dr A. v. Planta. Composition chimique du pollen de noisetier (*Corylus avellana*), p. 97-114.
Dr G. Baumert. Étude de la partie liquide des alcaloïdes du *Lupinus luteus* (suite).
— La lupinidine, p. 139-153.
E. Hiller. Teneur en alcaloïde des différentes espèces et variétés de lupins, p. 336-341.
Dr J. Ritzema Bos. Étude de quelques animaux nuisibles à l'agriculture, p. 85 et p. 343.
Dr B. E. Dietzell. Essais de culture ayant pour but de voir si les trèfles et les pois fixent par leurs organes foliacés l'azote atmosphérique combiné, p. 166. Les résultats de ces expériences ont prouvé que l'azote atmosphérique n'était pas fixé.
Dr v. Bretfeld. Essai de graines de betteraves à sucre et estimation de leur valeur, p. 195-199.

Sols. — Engrais. — Essais de fumure.

Dr W. Knop. Quelques remarques sur l'analyse des sols, p. 155.
Dr F. Heiden. Pouvoir absorbant des sols sablonneux, p. 189.
E. v. Eckenbrecher. Détermination de la valeur de quelques engrais azotés, p. 166.
— Action sur les lupins, d'un engrais azoté appliqué dans le sous-sol, p. 167.
— Recherche sur la quantité d'azote qu'il convient de donner aux pois et aux lupins, p. 168.

Dr H. Hellriegel. Proportions d'azote nécessaire dans le sol pour la culture des céréales, p. 183.

A. Baumann. Action des sels de zinc sur le sol, p. 1.

Dr A. Frank. Séparation industrielle, sous forme de phosphate ammoniaco-magnésien, de l'acide phosphorique que renferment les scories de déphosphoration Gilchrist-Thomas, p. 199.

Aliments et fourrages. — Expérience d'alimentation.

Dr M. Schrodt et Dr Hansen. Composition des cendres du lait de vache, p. 55.

Dr P. Vieth. Composition du lait de jument et du koumis, p. 353.

B. Roese et E. Schulze. Sur quelques parties constituantes du fromage d'Emmenthal, p. 115-137.

Dr Wilh. Engling. Études sur la caséine du lait de vache et sur l'action de la présure, p. 391-405.

Dr F. Benecke. Recherche des graines d'*Agrostemma githago* dans les farines (avec figure), p. 407-414.

Dr Morgen. Composition du foin de prairie, p. 204.

La détermination de la chaux et de l'acide phosphorique, aidée de l'analyse botanique, peut donner des indications précieuses pour estimer la valeur d'un fourrage.

Dr F. Nobbe. Sur l'essai des farines au moyen de l'aleuromètre, p. 184.

Dr C. Lehmann. Influence des alcalis sur les aliments respiratoires, p. 169.

Technologie agricole.

Dr M. Siewert. Sur le degré d'écrémage du lait, au moyen d'appareils centrifuges de divers systèmes, p. 159-163.

Dr W. Fleischmann et J. Berendes. Observations sur l'emploi des appareils centrifuges dans la laiterie, p. 367-389.

Dr G. Liebscher. Sur les conditions à remplir pour conserver par l'ensilage leurs qualités aux pulpes de betteraves, p. 187-189.

Analyse chimique.

Dr U. Kreusler. Critique et contribution à l'étude des méthodes quantitatives pour la détermination de l'azote (avec planche).

I. Appareil et méthode volumétrique de Dumas et autres chimistes :

a. Critique générale de la méthode;

b. Description d'une modification apportée à la méthode volumétrique.

II. Nouvelles remarques sur la méthode de Will et Warrentrapp, observations au sujet de la méthode de Kjeldahl.

III. Détermination, au moyen de l'acide nitreux, de l'azote sous forme d'amides.

IV. Action, à l'ébullition, de quelques substances azotées sur l'acide nitreux.

V. Détermination de l'acide nitrique par la méthode de M. Schlœsing, p. 207-318.

Dr V. v. Wilm. Extraction de la matière grasse des graines de palmier, p. 203.

Die Landwirtschaftlichen Versuchstationen.

TOME XXXII (1885).

Physiologie végétale. — Composition des végétaux.

Dr B. Schultze et Dr E. Flechsig. Recherches comparatives sur la quantité d'amides formées pendant la germination de diverses graines à l'obscurité, p. 137-148.

Dr M. Jarins. Influence de quelques solutions salines sur la germination des graines de culture indigène (avec une planche), p. 149-178.

Prof. Dr F. Sestini. Relation entre le poids atomique et les fonctions physiologiques des éléments chimiques, p. 197-199.

En considérant les tables de Mendelejeff, l'auteur a remarqué que les éléments d'un poids atomique inférieur à 56, entrent, à quelques exceptions près, dans la composition des matières organiques végétales. Il espère pouvoir en déduire une loi.

Dr U. Kreusler. Méthode pour observer l'assimilation et la respiration des plantes, p. 403-405.

Dr J. Ritzema Bos. Contribution à l'étude de quelques animaux nuisibles à l'agriculture. Le *Merodon equestris* des narcisses, p. 91-101.

— Sur quelques maladies des plantes produites par le *Tylenchus devastatrix*, (nématode décrit par J. Kuhn), p. 105-113.

E. Schultze et E. Bosshard. Sur la présence de la glutamine dans la betterave et sur ses propriétés optiques, p. 129-136.

Dr E. Flechsig. Analyse de quelques variétés de lupins, de pois et de maïs, cultivés dans les mêmes conditions (de sol, d'engrais et de température), p. 179-192.

Dr Niederstad. Analyse de quelques feuilles de tabac, p. 193-195.

Dr R. Ulbricht. Essai de diverses variétés de courges, p. 231-240.

Sol. — Engrais. — Essais de fumure.

L. Sostegni. Recherches sur les matières humiques extraites de la tourbe, p. 9-14.

Dr G. Loges. Sur les combinaisons organiques azotées dans la terre arable, p. 201-202.

J. Stoklasa. Étude sur la désagrégation du grès, p. 203-214.

A. Muller. Nouvelles recherches sur la fermentation de l'urine, p. 271-283.

— Purification de l'eau d'égout, p. 285-300.

— Conservation et désinfection du sang des abattoirs, p. 301-305.

Dr R. Hornberger. Valeur des fougères comme engrais, p. 371-380.

Prof. Dr A. Emmerling. Nouvelle méthode volumétrique pour le dosage de l'acide phosphorique soluble dans les superphosphates, p. 395 et p. 429-439.

Cette nouvelle méthode est basée sur la précipitation, presque complète, de l'acide phosphorique à l'état de phosphate tricalcique, par une solution de soude que l'on verse dans un mélange de chlorure de calcium et de superphosphate.

La précipitation de l'acide phosphorique se fait d'après l'équation suivante :

$$CaH(PO^4)^2 + 2\ CaCl^2 + 4\ NaOH = Ca^3(PO^4)^2 + 4\ NaCl + 4\ H^2O.$$

On se sert comme indicateur de la phtaléine du phénol qui vire au violet au moment où tout l'acide phosphorique est transformé en phosphate tricalcique. Il est essentiel de déterminer, par un essai préalable, la proportion d'acide libre qui se trouve dans la solution. Cette détermination se fait avec une liqueur titrée de soude, on emploie l'orangé de méthyle comme indicateur. La solution colorée passe du violet-rouge au jaune au moment où tout l'acide phosphorique libre est transformé en phosphate monobasique ; ce changement de couleur correspond exactement au point que l'on désire atteindre.

Il faut pour ce dosage, une liqueur de soude dont 1 centimètre cube correspond environ à 0,005 P^2O^5, une solution de 200 gr. de chlorure de calcium pur et sec dans un litre d'eau ; cette solution est alcaline, on la neutralise soigneusement.

La phtaléine du phénol, en solution alcoolique, à raison de 2 p. 1000, et une solution aqueuse d'orangé de méthyle servent d'indicateur. On pèse 20 gr. de superphosphate, on ajoute un litre d'eau pour dissoudre et on filtre. On mélange 200 centimètres cubes du liquide filtré avec 50 centimètres cubes de la solution de chlorure de calcium. Ce mélange est introduit dans une burette, on remplit une seconde burette avec la liqueur de soude et l'on mesure dans un verre à précipiter de 20 à 25 centimètres cubes de cette dernière liqueur suivant la richesse présumée du superphosphate. On étend légèrement la solution de soude avec de l'eau, après y avoir ajouté 2 centimètres cubes de solution de phtaléine, puis on fait couler rapidement le mélange de superphosphate et de chlorure de calcium jusqu'au moment où l'indicateur a perdu toute coloration rouge.

Il faut maintenant déterminer l'acidité du liquide, ce que l'on fait en mesurant un volume du mélange de superphosphate et chlorure de calcium, semblable à celui qu'on a été obligé d'employer pour le titrage précédent. On ajoute quelques gouttes d'orangé et l'on titre avec la soude jusqu'à l'apparition de la teinte jaune-orange.

Après avoir répété ces essais un certain nombre de fois, on possède tous les éléments du calcul de l'acide phosphorique.

Cette méthode donne des résultats un peu trop forts, elle s'applique aussi au dosage de l'acide phosphorique dans les superphosphates ferrugineux, la différence est plus forte, dans ce cas, et s'élève à 0,16 p. 100 sans pouvoir cependant dépasser 0,30 p. 100 en plus.

Dr A. EMMERLING. Action de l'acide azoteux sur l'urée, l'acide urique et le sulfate d'ammoniaque (avec une figure), p. 440-450.

Dr O. KELLNER. Action du protoxyde de fer sur la végétation, p. 365-370.

Aliments et fourrages. — Expériences d'alimentation.

Dr F. SESTINI et A. DICOCCO. Valeur alimentaire des spadices de maïs égrenés (Maïskolben), p. 7-8.

Dr O. KELLNER. Etude des modifications que subit le fourrage mis en meules, p. 56-71.

— Essai sur des moutons de la digestibilité de divers fourrages, p. 72-89.

E. MACH. — Sur le foin consumé, p. 263-270.

Dr LIEBSCHER (d'Iéna). Étude des aliments concentrés, p. 399-401.

On fait bouillir les graines avec une solution étendue de soude, pour dissou-

dre l'amidon et l'on examine ensuite au microscope les parties insolubles avec un faible grossissement. Il suffit pour les tourteaux d'en examiner une coupe au microscope.

L'auteur a fait une collection de 50 préparations microscopiques, qu'il vend 62 fr. 50 c.

Cette collection comprend des coupes transversales et longitudinales des principales graines ainsi que les formes les plus connues de l'amidon dans les matières amylacées. Ces préparations sont colorées, on en trouvera l'énumération dans la note de l'auteur.

Dr A. Emmerling. Sur l'essai des fourrages, p. 401-402.

L'analyse chimique ne suffit pas toujours pour déterminer la qualité d'un fourrage ; il faut aussi rechercher les moisissures et les organismes qu'il peut contenir. On favorise le développement des spores qui pourraient se trouver dans le fourrage en plaçant à l'étuve, pendant 24 heures, à 35°-40°, un gramme de l'échantillon à essayer dans un flacon stérilisé et bouché avec du coton. Les résultats de ces essais ne sont pas encore bien nets, on peut cependant indiquer les généralités suivantes :

Les tourteaux d'arachides présentent souvent des moisissures, rarement des bacilles.

Les tourteaux de coton renferment plus souvent des bactéries que des moisissures ; ils possèdent souvent une réaction alcaline après la fermentation.

La farine de riz est souvent moisie et l'on a pu y observer quelquefois des micrococcus. Le tourteau de coco est plus pur ; on y a trouvé le *Bacillus subtilis* et quelquefois aussi un mycélium que l'on n'a pas encore pu déterminer. Les tourteaux de palme ne renferment que rarement des champignons ou des spores.

L. Brockema et prof. Dr A. Mayer. Essais pratiques d'alimentation permettant de comparer le foin ensilé au foin frais, p. 407-417.

Technologie agricole.

W. Chludzinski. Composition de la toison des moutons à grosse laine et des mérinos (avec une planche), p. 115-128.

Dr F. Szymanski. Étude des peptones du malt, p. 389-394.

Dr C. Weigelt. Essais de fabrication de vin artificiel, p. 397-398.

Dr Gisevius. De l'emploi des siphons pour les irrigations (avec 2 figures), p. 419-428.

Analyse chimique.

Dr V. v. Wilm. Détermination de la matière grasse dans des graines de palmier, p. 1-6.

Dr A. Longi. Étude analytique sur l'azote ammoniacal des combinaisons amidées et des amines des produits végétaux, p. 15-56.

Dr A. Wieler. Analyse de l'aubier du pin sylvestre et du saule, p. 307-364.

Dr A. Planta. Sur la composition chimique du pollen du pin commun (*Pinus sylvestris*), p. 215-230.

Dr R. Ulbricht. Analyse de quelques variétés de courges, p. 231-240.

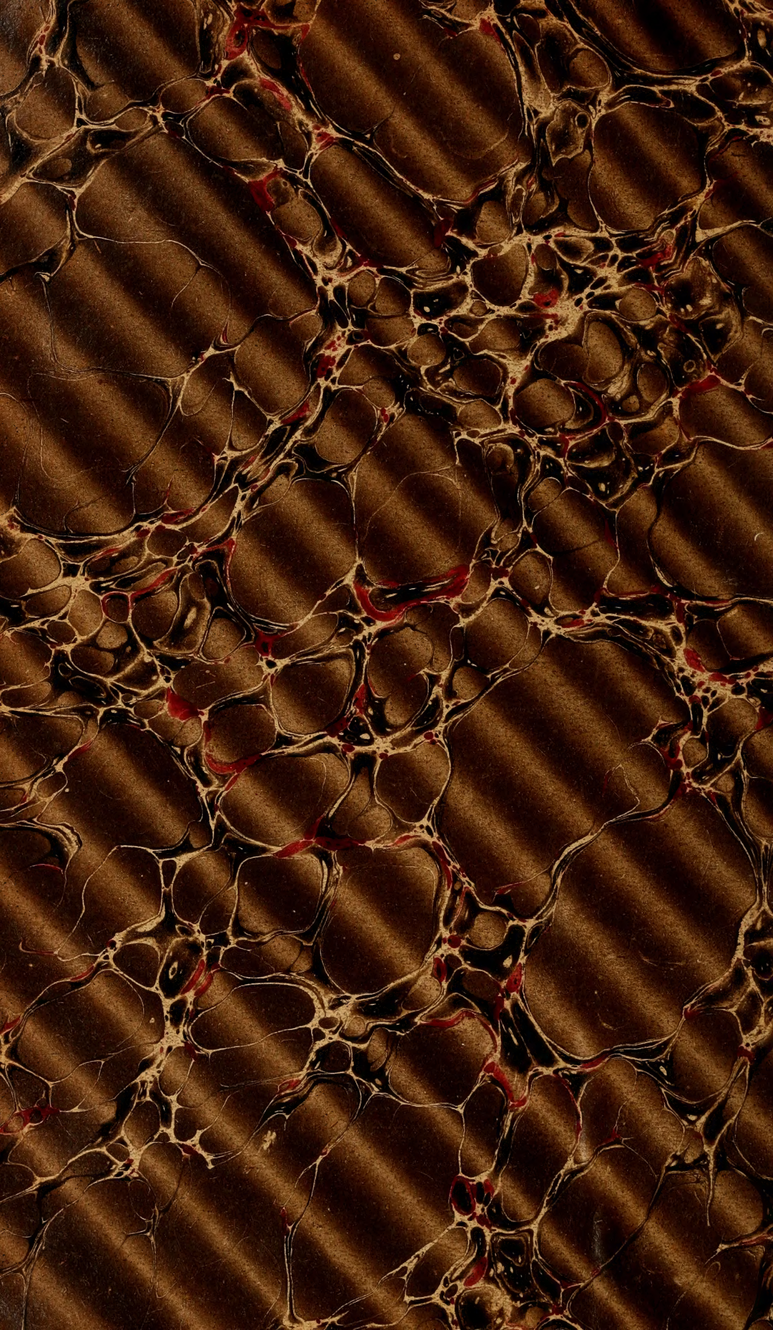
K. Portele. Composition des graines de maïs, p. 241-262.

J. Risler.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME DEUXIÈME

Nancy impr. Berger-Levrault et Cie.




New York Botanical Garden Library
3 5185 00258 6319

